

B.P

I

10/8

TRAITÉ COMPLET
ET ÉLÉMENTAIRE
DE PHYSIQUE.



67226

TRAITÉ COMPLET

ET ÉLÉMENTAIRE

DE PHYSIQUE,

présenté dans un ordre nouveau, d'après les découvertes
modernes ;

PAR ANTOINE LIBES.

DEUXIÈME ÉDITION,

revue, corrigée et considérablement augmentée par l'Auteur.

TOME SECOND.



PARIS,

M^{me} V^e COURCIER, Imprimeur-Libraire pour les Sciences,
quai des Augustins, n° 57.

1813.



TRAITÉ COMPLET

ET ÉLÉMENTAIRE

DE PHYSIQUE.

LIVRE TROISIÈME

SUITE DE LA QUATRIÈME PARTIE.



*Qui traite de l'Attraction considérée dans les Molécules
élémentaires des corps.*

CHAPITRE VI.

*Des phénomènes d'attraction ou de répulsion apparentes
que présentent certains corps flottans sur la surface d'un
fluide.*

641. *P*REMIÈRE EXPÉRIENCE. Faites flotter sur la surface d'une eau tranquille deux aiguilles très-fines ; si elles sont situées à quelques décimètres de distance mutuelle , elles restent en repos , et ne prennent de mouvement que celui qu'elles peuvent

recevoir de l'agitation de l'air. Mais si on les place à quelques millimètres seulement de distance, et qu'on les abandonne à elles-mêmes, on les voit se porter l'une vers l'autre, s'unir d'abord par une extrémité, et ensuite successivement par leurs parties homologues, de manière qu'on ne peut les séparer sans vaincre une résistance sensible. Le même effet a lieu avec des corps légers quelconques qui sont susceptibles d'être mouillés par le liquide.

Plusieurs physiciens rapportent ce phénomène comme une preuve non équivoque de l'existence de l'attraction chimique; et cependant il est aisé de démontrer que les deux aiguilles n'exercent aucune action l'une sur l'autre. Car, si au lieu de faire flotter les aiguilles sur la surface de l'eau, on les place sur un plan bien poli; ou mieux encore, si on suspend chacune d'elles à l'extrémité d'un long fil, et que dans cet état on les approche lentement l'une de l'autre, quelque petite que soit leur distance respective, elles y restent sans s'approcher davantage; tandis que dans l'hypothèse de l'expérience précédente, elles se portent l'une vers l'autre d'un mouvement accéléré, à une distance beaucoup plus considérable.

642. *Deuxième expérience.* Placez sur la surface de l'eau deux corps plus légers, et dont un seul soit susceptible d'être mouillé par le liquide, par exemple deux globules de liège, dont l'un ait été charbonné à la flamme d'une bougie; essayez ensuite d'approcher, à l'aide d'une pointe, un de ces globules de l'autre; celui-ci, s'il est libre, fuit à l'ap-

proche du premier , et on ne peut les mettre en contact , à moins qu'on ne les presse tous deux l'un vers l'autre en sens contraire ; et alors on éprouve une petite résistance : enfin , dès qu'on les abandonne à eux-mêmes , ils se repoussent et se fuient d'un mouvement accéléré de moins en moins.

Le mouvement que ces deux globules prennent dans cette expérience ne peut pas être attribué à une répulsion qu'ils exerceroient l'un contre l'autre ; car si ces globules , au lieu de flotter sur la surface de l'eau , sont suspendus aux extrémités de deux fils , on peut les approcher l'un de l'autre , et même les mettre en contact , sans appercevoir la moindre tendance ni à s'approcher , ni à s'éloigner l'un de l'autre.

643. *Troisième expérience.* Placez sur la surface du mercure deux balles de fer ou deux corps quelconques , qui ne soient susceptibles ni l'un , ni l'autre d'être mouillés par le liquide ; écarter les balles seulement de quelques millimètres ; du moment qu'elles sont abandonnées à elles-mêmes , on les voit se précipiter l'une vers l'autre , et elles paroissent adhérer entr'elles , de manière que si on essaie d'écarter l'une , l'autre la suit , malgré la résistance que le mercure oppose à son mouvement.

644. Il suffit de réfléchir un instant sur les expériences que nous venons de décrire , pour se convaincre , 1°. que les attractions et répulsions apparentes qui en font l'objet , dépendent uniquement de la faculté qu'ont les corps que l'on considère , d'être tous deux mouillés par le liquide environnant ,

ou de ne l'être ni l'un ni l'autre ; ou enfin de la faculté qu'ils ont , l'un d'être mouillé , et l'autre de ne l'être pas.

645. 2°. Qu'on peut ramener aux trois lois suivantes les résultats de ces expériences.

Première Loi.

646. *Lorsque deux corps flottans sur la surface d'un liquide , et placés dans le voisinage l'un de l'autre , sont tous deux susceptibles d'être mouillés par le liquide , ils paroissent s'attirer l'un vers l'autre.*

Deuxième Loi.

647. *Lorsque deux corps flottans sur la surface d'un liquide , et placés dans le voisinage l'un de l'autre , ne sont ni l'un ni l'autre susceptibles d'être mouillés par le liquide environnant , ils paroissent encore s'attirer.*

Troisième Loi.

648. *Lorsque de deux corps flottans sur la surface d'un liquide , et placés dans le voisinage l'un de l'autre , l'un est susceptible d'être mouillé , tandis que l'autre ne l'est pas , ils paroissent se repousser , et ils s'écartent en effet , à moins que quelqu'obstacle ne s'oppose à cette séparation.*

649. Mariotte avoit observé les phénomènes que nous venons de décrire , trouvé les lois qui en résultent , et essayé d'en assigner la cause. L'explication de Mariotte est , sous certains rapports , défectueuse. Nous allons exposer celle que M. Monge

est consignée dans un Mémoire imprimé dans les Recueils académiques, année 1787.

650. *Explication de la seconde loi.* Si on fait flotter sur la surface d'un liquide (fig. 84) un globule A, qui n'est pas susceptible d'en être mouillé, la surface du liquide se déprime tout autour du globule, elle prend une courbure dont la convexité est tournée vers le haut, et le globule reste en repos, parce que la dépression dont il s'agit se faisant partout à la même profondeur, il est pressé par le liquide de la même manière en tout sens. La distance des sommets B, C des courbures, varie en général pour les différens liquides, suivant la force avec laquelle leurs molécules adhèrent entr'elles; et pour le même liquide, suivant les différentes températures. Si à quelque distance du premier globule on en place un second A', tout se passe, par rapport à ce second corps, comme par rapport au premier; il reste en repos, et les parties MB, CB', C'N de la surface du liquide sont dans un même plan horizontal. Si l'on approche les deux globes A, A' (fig. 85), de manière que les sommets C, B' des courbures de la surface du liquide se confondent, tout reste encore dans le même état; le sommet commun C des deux courbures est à la même hauteur que le reste de la surface; les deux corps sont encore en équilibre, leur distance est alors la plus petite à laquelle ils puissent rester en repos, et cette distance est la limite de la capillarité pour les circonstances actuelles. Mais si l'on continue d'appro-

cher les deux corps, comme dans la figure 86, le liquide se déprime entr'eux deux, et le sommet de la courbure ne s'élève plus à la même hauteur que le reste de la surface. Chacun des deux globules est donc moins pressé par le liquide environnant du côté de l'autre globule, que de toute autre part; et ces deux corps, en cédant dans le sens vers lequel la pression est moindre, se portent l'un vers l'autre: d'où il résulte que lorsque deux corps flottans, non mouillés, et placés à une petite distance, s'approchent l'un de l'autre, ce n'est pas en vertu d'une attraction, ni d'aucune autre affection qui leur soit propre; le rapprochement a évidemment pour cause une différence de pression tout-à-fait étrangère à ces corps, de sorte que le phénomène n'auroit pas lieu, s'ils étoient situés à la même distance hors du liquide.

651. Ce que nous venons de dire pour deux globules flottans, arrive de même pour deux globules submergés; car si les deux corps A, B (fig. 87) sont plongés dans un liquide qui n'ait pas la faculté de les mouiller, et que leur distance soit capillaire, le liquide se sépare entr'eux, si l'air peut y avoir accès; et les corps n'éprouvant plus du côté de l'intervalle qui les sépare, une pression aussi grande que du côté opposé, sont pressés l'un vers l'autre; et si l'air atmosphérique ne peut arriver entre les deux corps, le liquide ne se sépare que quand la force avec laquelle il tend à le faire peut vaincre le poids de l'atmosphère; mais lors même qu'il ne se

sépare pas, sa tendance à la séparation occasionne une diminution de pression qui produit le même effet.

652. *Explication de la troisième loi.* Si on fait flotter sur la surface d'un liquide, à quelques décimètres de distance l'un de l'autre, deux globules A, A' (fig. 88) dont le second est susceptible d'être mouillé par le liquide tandis que l'autre ne l'est pas, la surface se déprime autour du corps A, comme nous l'avons vu précédemment; mais elle s'élève au contraire autour du corps A'; elle devient concave vers le haut, et la distance B'C des origines des courbures opposées, varie en général, suivant la nature du liquide, suivant celle du globule et suivant la température. Si l'on approche les deux globes A, A', jusqu'à ce que l'origine de la concavité C' et le sommet B de la convexité se confondent en B (fig. 89), les deux corps restent en équilibre, parce que tout est encore dans le même état par rapport à eux; mais leur distance est alors la plus petite à laquelle ils puissent être l'un de l'autre et rester en repos; elle est la limite de la capillarité dans les circonstances actuelles. Si l'on continue d'approcher les deux corps (fig. 90), la dépression du liquide autour du globule A est moindre du côté de l'autre corps, à cause de l'élévation que le corps A' occasionne autour de lui; et il en résulte autour du corps A, un enfoncement dont la forme n'est pas symétrique. La pression que ce corps éprouve de la part du liquide, est donc plus grande du côté de l'autre corps que de toute autre part; et pour céder à la

pression la plus forte, il est forcé de s'éloigner de l'autre corps comme s'il en étoit repoussé : d'où il résulte que si deux corps flottans, dont l'un est mouillé par le liquide sur lequel ils nagent, tandis que l'autre ne l'est pas, se fuient réciproquement ; ce n'est pas en vertu d'une répulsion immédiate qu'ils exercent l'un sur l'autre ; ce mouvement a pour cause une inégalité de pression de la part du liquide environnant. L'inégalité de pression dont il s'agit ici, est à la vérité le résultat d'une action exercée par le corps mouillé sur le liquide ; mais cette action est tout-à-fait étrangère à l'autre corps qui, à cet égard, est dans un état purement passif ; et il paroît évident qu'il n'y auroit aucune répulsion, même apparente, si les deux corps étoient suspendus à la même distance hors du liquide.

653. Ce que nous avons dit de deux corps flottans, dont l'un est mouillé et dont l'autre ne l'est pas, auroit lieu également entre ces corps s'ils étoient tous deux submergés ; car la force avec laquelle le corps mouillé tend à retenir l'eau autour de lui et à la rapprocher, lorsqu'elle en est écartée par le voisinage de l'autre corps, doit avoir pour effet d'éloigner ces deux corps l'un de l'autre, si aucun obstacle ne s'oppose à cette séparation.

654. *Explication de la première loi.* Nous avons vu, n° 620, que si l'on plonge en partie une lame de verre dans l'eau, le liquide s'élève le long des deux faces latérales de la lame, que les surfaces des masses d'eau soulevées sont courbes et concaves vers le haut, et que l'élévation de l'eau dont il s'agit

a pour cause une action combinée de celle que le verre exerce sur les molécules d'eau, et d'une autre que les molécules exercent les unes sur les autres.

Pour expliquer la loi qui nous occupe, il importe d'observer que les masses d'eau soulevées par la lame, tendent à lui communiquer du mouvement dans plusieurs sens; elles tendent à faire plonger davantage la lame qui s'enfonce en effet un peu plus, si aucun obstacle ne s'y oppose. Mais, indépendamment de cet effort, les deux masses d'eau soulevées en exercent encore deux autres dans le sens horizontal; et c'est parce que ces forces sont égales et opposées que, dans les expériences dont il s'agit, la lame reste verticale. Chacune des deux masses d'eau soulevées tire la lame de son côté, et tend à la faire mouvoir dans le sens horizontal, précisément comme feroient deux chaînes pesantes suspendues à la place des masses d'eau soulevées, et retenues à deux points fixes.

Cela posé, si ayant plongé en partie dans l'eau deux lames de verre, de manière que leurs faces soient parallèles, on les approche l'une de l'autre jusqu'à ce que les origines des masses d'eau qu'elles soulèvent entr'elles se confondent en une même ligne droite, il est évident que ces deux lames resteront en équilibre, parce que rien n'aura changé par rapport à elles. Mais si l'on continue d'approcher les deux lames, et que les volumes des masses d'eau soulevées soient forcés de se pénétrer réciproquement, les deux lames de verre ne resteront pas verticales, elles se porteront l'une vers l'autre, comme

si elles s'attiroient réciproquement. Car en considérant la masse d'eau soulevée, comme faisant l'effet d'une chaîne suspendue aux deux lames, on peut supposer qu'ici ces deux chaînes se sont croisées, et que la masse des deux parties supprimées a été distribuée d'une manière à peu près uniforme au reste de la chaîne. La nouvelle chaîne qui en résulte est d'un poids variable; mais le poids des élémens du milieu est augmenté en plus grand rapport que celui des élémens plus voisins des poids de suspension, et l'effort que fait cette chaîne pour approcher les deux lames, est plus grand que dans le cas où les chaînes ne se croisent pas. Or, dans ce dernier cas, il y avoit équilibre: donc, dans le cas précédent cet équilibre doit être rompu, et les deux lames doivent être tirées l'une vers l'autre par l'action de l'eau qu'elles soulèvent entr'elles.

Ainsi, lorsque deux lames en partie plongées dans un liquide capable de les mouiller, sont séparées par un intervalle capillaire, elles se portent l'une vers l'autre, non en vertu d'aucune attraction immédiate, puisque si l'on venoit à supprimer le liquide, elles resteroient à la même distance et n'auroient aucune tendance à s'approcher, mais en vertu de l'action qu'elles exercent sur le liquide qui les mouille, et qui fait l'office d'une chaîne pesante attachée aux deux lames, et d'autant plus tendue que l'intervalle est plus capillaire.

655. Ce que nous venons de dire par rapport à deux lames planes, peut évidemment s'appliquer à deux corps flottans de figure quelconque, séparés

par un intervalle capillaire, et susceptibles d'être mouillés par le liquide qui les porte ; d'où il résulte que lorsque, dans ces circonstances, deux corps s'approchent et adhèrent entr'eux, ce n'est pas en vertu d'une attraction immédiate qu'ils exercent l'un sur l'autre.

CHAPITRE VII.

Du Phénomène de la Cristallisation.

656. LES minéraux se présentent assez souvent sous la forme de polyèdres réguliers. L'opération de la nature qui donne naissance à ces corps, se nomme *cristallisation*.

657. Pour en avoir une idée claire, il importe de remarquer que l'eau entraîne des substances dont les molécules, d'abord séparées de la masse, s'unissent ensuite, quoique foiblement, en vertu de l'attraction, à des molécules du fluide sans que l'on puisse les y apercevoir.

A mesure que l'eau s'évapore, les molécules des substances étrangères au fluide s'attirent réciproquement par des forces qui dépendent de la masse, de la distance qui les sépare, et probablement de leur figure. Elles s'approchent, s'unissent et adhèrent l'une à l'autre ; leur union se fait par le contact de certaines faces qui ont entr'elles plus d'attraction que les autres. Ces molécules réunies forment des polyèdres réguliers, à travers lesquels

le fluide s'élève et s'interpose entre leurs molécules ; de manière que la force de cohésion des cristaux qui se forment, est due principalement à la capillarité, tandis que dans les solides qui n'ont pas de fluide interposé, elle est exclusivement le résultat de l'attraction.

658. Ce n'est que dans certaines circonstances que les molécules d'un minéral dissous dans un fluide, forment des cristaux par leur réunion. Ces circonstances sont l'espace, le temps et le repos.

659. Si les molécules sont resserrées dans un espace trop étroit, leur mouvement n'est point libre ; elles ne peuvent prendre la place que leur marque la force attractive ; la cristallisation se fait confusément, et les cristaux sont mêlés ensemble.

660. Lorsqu'un obstacle quelconque empêche que la structure des cristaux ne s'achève, cette structure reste imparfaite par défaut de temps.

661. Enfin, si le fluide est agité, les cristaux à peine ébauchés se précipitent au fond, s'accumulent les uns sur les autres, et forment des groupes qui n'offrent aux regards de l'observateur qu'une cristallisation imparfaite.

662. Romé-de-Lisle et Bergman s'étoient occupés de la cristallisation avec quelque succès. M. Haüy a renchéri sur les travaux de ses prédécesseurs ; il a observé le phénomène avec toutes les circonstances qui l'accompagnent, et est parvenu à l'expliquer d'une manière d'autant plus satisfaisante, qu'elle offre une heureuse application de la géométrie élémentaire à la structure des cristaux.

663. La théorie de la cristallisation a jeté un grand jour sur plusieurs des sciences naturelles; elle est le fil qui conduit le minéralogiste à travers une infinie variété de formes dans lesquelles il se perdrait infailliblement sans son secours.

664. Elle est précieuse au chimiste qui imite la nature dans la formation des cristaux, et qui les fait entrer dans le calcul des attractions chimiques.

665. Elle offre enfin au physicien l'explication la plus satisfaisante d'un phénomène remarquable qui avoit été regardé jusqu'ici comme un caprice de la nature. Ce phénomène consiste en ce que des cristaux, composés chimiquement des mêmes élémens, affectent constamment une figure différente, tandis que des cristaux originaires de différentes substances se présentent sous la même forme. La théorie de la cristallisation, considérée sous ce dernier rapport, me paroît entrer dans le domaine de la Physique.

Tableau abrégé de la théorie de la Cristallisation.

666. Ce n'est point par la forme extérieure d'un cristal qu'on peut juger de celle qui lui est essentielle. Il faut, pour parvenir à cette connoissance, faire une espèce d'analyse physique du cristal, et reconnoître les figures des parties qui le composent.

Les cristaux se composent de lames qu'on sépare les unes des autres à l'aide d'un instrument, en suivant leurs joints naturels. On reconnoît ces joints en ce que les lames qu'ils séparent présentent le poli de la nature; il s'annonce quelquefois dans le

cristal avant la fracture , par des stries , par des glaces , ou par des matières étrangères interposées. Lorsqu'on ne suit pas les joints naturels , au lieu de séparer les lames , on brise le cristal , et on obtient , pour résultat de la cassure , des fragmens qui n'offrent aucun trait de régularité.

667. Dans un cristal quelconque , il faut distinguer avec soin , 1°. les molécules intégrantes ; 2°. les formes primitives ; 3°. les formes secondaires.

Molécules intégrantes.

668. Les lames des cristaux sont composées de molécules intégrantes qui ont des figures régulières. Ces molécules sont nécessairement similaires , mais elles ne sont pas toujours assemblées de la même manière ; quelquefois elles se joignent face à face , quelquefois elles ne sont unies que par les bords , laissant entr'elles quelques vides.

Les molécules intégrantes peuvent se réduire à trois ; savoir :

669. 1°. Le parallélipède , le plus simple des solides , dont les faces sont parallèles deux à deux , et au nombre de six.

670. 2°. Le prisme triangulaire , le plus simple des prismes.

671. 3°. Le tétraèdre , la plus simple des pyramides.

Formes primitives.

672. La forme primitive est celle que l'on obtient par des sections faites sur toutes les parties semblables d'un cristal ; elle en est proprement le noyau .

Les formes primitives peuvent se réduire à six, savoir :

673. 1°. Le parallélipède qui comprend le cube ; le rhomboïde, et tous les solides terminés par six faces parallèles deux à deux.

2°. Le tétraèdre régulier.

3°. L'octaèdre à faces triangulaires.

4°. Le prisme hexagonal.

5°. Le dodécaèdre à plans rhombes.

6°. Le dodécaèdre à plans triangulaires isocèles.

674. Parmi les formes, il y en a qui se retrouvent comme noyau avec les mêmes angles dans divers minéraux ; car la même forme de noyau peut être produite, dans la première espèce, par tels élémens ; dans une seconde espèce, par d'autres élémens. Ces formes de noyau ont un caractère de perfection et de régularité, comme dans le cube et l'octaèdre régulier : ce sont des limites auxquelles la nature semble arriver par des routes différentes.

Formes secondaires.

675. Les formes secondaires résultent d'une superposition de lames qui masque la forme primitive, et qui donne naissance à divers polyèdres réguliers. Ces polyèdres, quoique formés de lames similaires, diffèrent du noyau ou des solides qu'ils enveloppent.

676. Cette modification de figures est le résultat d'un décroissement régulier par soustraction d'une ou de plusieurs rangées de molécules intégrantes.

677. Il y a plusieurs sortes de décroissemens dont il importe de parler séparément.

Décroissemens simples.

678. Dans les décroissemens qui se font sur les bords, c'est-à-dire, parallèlement aux arêtes de la figure primitive, les plus simples sont ceux où il manque aux bords de chacune des lames de superposition une rangée de molécules, qui est de plus dans la lame précédente. Ainsi les lames de superposition forment une pyramide terminée en pointe. S'il y a dans chaque lame de superposition deux ou trois ou quatre rangées de molécules en moins que dans la rangée précédente, la pyramide est moins élevée, parce que le décroissement est plus rapide : les pyramides qui en résultent ont néanmoins un caractère de régularité.

Décroissemens inégaux.

679. Les décroissemens sont inégaux, lorsque les lames de superposition décroissent d'un côté par un plus grand nombre de rangées de molécules intégrantes que du côté opposé. Les pyramides qui en résultent sont alors évidemment irrégulières.

Décroissemens sur les côtés.

680. En supposant les molécules intégrantes des cristaux de figures approchantes du cube ou du parallélogramme, et rangées de file en se touchant les unes les autres par les côtés; lorsque les décroissemens se font par leurs côtés, les bords des lames sont toujours terminés par les côtés des molécules intégrantes, et ces molécules se touchent les unes les autres sans laisser de vide entr'elles.

Décroissemens

Décroissemens sur les angles.

681. Si les décroissemens des lames de superposition se font sur les angles, les molécules intégrantes présentent leurs angles sur les bords décroissans des lames, parce que, dans cette direction, les molécules intégrantes se touchent par leurs angles et non par leurs côtés. Ainsi les surfaces auxquelles les angles saillans aboutissent ne peuvent pas être unies, puisqu'il y a nécessairement des cavités entr'elles; mais comme les molécules organiques sont très-petites, ces cavités ont si peu d'étendue, qu'elles sont insensibles à l'œil.

682. Dans les décroissemens sur les angles d'un noyau cubique, la première lame de superposition a une molécule intégrante de moins que la dernière lame du cube à chacun de ses angles.

683. La seconde lame de superposition a trois molécules intégrantes de moins que la précédente; ces trois molécules auroient formé une file de quatre qui se seroient touchées par les angles.

684. Dans la troisième lame de superposition, il manque encore une file qui auroit été composée de neuf molécules intégrantes. Ces décroissemens diminuent de plus en plus le nombre des molécules des lames de superposition, jusqu'à ce qu'il soit réduit à une seule, qui forme la pointe d'une pyramide à quatre faces. Chacune de ces faces a une figure quadrilatère, y compris la molécule des angles solides du cube, qui fait le noyau du cristal. Ces quadrilatères sont au nombre de trois autour de

chacun des huit angles solides du noyau. Les quadrilatères sont sur un même plan et forment une figure triangulaire. Il résulte de ces huit faces un octaèdre à deux pyramides à quatre faces.

685. Si l'on n'avoit égard qu'aux molécules intégrantes qui déterminent les lames de superposition après leur décroissement, il resteroit un vide au milieu de chacune des arêtes de l'octaèdre; mais ces vides sont remplis par des molécules que les premières lames de superposition doivent avoir de plus que la dernière lame du noyau, pour le couvrir aux endroits de ses quatre côtés.

Décroissemens intermédiaires.

686. Ces décroissemens ne sont parallèles ni aux diagonales, ni aux côtés d'un noyau composé de cubes. Cela vient de ce que les parties intégrantes qui manquent dans les lames de superposition ne sont pas carrées, mais oblongues, parce qu'elles comprennent deux, trois, quatre, etc., molécules cubiques placées l'une à côté de l'autre dans la direction d'une arête du cube. Aucune des diagonales de ces figures oblongues ne peut être parallèle avec les diagonales du décroissement par les angles d'un cube divisé par carrés; c'est pourquoi Haüy regarde la direction du décroissement dont il s'agit, comme intermédiaire entre la diagonale et les arêtes.

Décroissemens mixtes.

687. Il arrive quelquefois qu'il y a plus d'une rangée de molécules intégrantes de plus ou de moins,

soit en hauteur, soit en largeur ; par exemple, deux rangées dans un sens et trois dans l'autre, ou trois dans un sens et quatre dans l'autre, etc., c'est un décroissement mixte.

Ces décroissemens sont rares, et n'ont encore été reconnus que dans quelques cristaux métalliques ; mais on conçoit aisément qu'ils doivent changer la valeur des angles.

688. Ces lois de décroissement expliquent la structure de toutes les modifications sous lesquelles se présentent les cristaux. Tantôt les décroissemens se font à la fois sur tous les côtés ou tous les angles, comme dans les dodécaèdres à plans rhombes, dans les octaèdres venant du cube ; tantôt sur certains côtés ou sur certains angles ; tantôt ils sont uniformes par une, deux, trois rangées, etc. ; tantôt la loi varie d'un côté à l'autre, d'un angle à l'autre ; tantôt les décroissemens sur les côtés concourent avec les décroissemens sur les angles ; tantôt un même côté, un même angle, subit successivement plusieurs lois de décroissement ; tantôt enfin le cristal secondaire a des faces parallèles à celles de la forme primitive, et qui produisent de nouvelles modifications, en se combinant avec les faces résultant des décroissemens. De là la distinction de *formes secondaires simples*, celles qui sont dues à une loi unique, dont l'effet est de masquer complètement le noyau ; et *formes secondaires composées*, celles qui résultent de plusieurs lois simultanées, ou d'une seule loi qui n'a pas atteint sa limite, de sorte qu'il reste des faces parallèles à celles du noyau.

689. Il suit de ce que nous avons dit, 1°. que des molécules de différentes figures peuvent s'arranger de manière à former des polyèdres semblables dans différentes espèces de minéraux. Ainsi le dodécaèdre du fluat calcaire ou spath fluor, est un assemblage de petits tétraèdres réguliers ou à faces équilatérales; et les molécules du grenat forment un dodécaèdre à plans rhombes, avec de petits tétraèdres à faces triangulaires isocèles.

690. 2°. Des molécules similaires peuvent produire une même forme cristalline par des lois différentes de décroissement.

691. 3°. Il peut exister un cristal parfaitement semblable au noyau, quoique formé en vertu d'une loi simple de décroissement. M. Haüy a été conduit à ce résultat par le calcul.

692. 4°. Le cube fait quelquefois fonction de rhomboïde, comme on le voit dans le fer de Framont; et quand il a ainsi commencé, il continue dans toutes les cristallisations de la même substance. Il en est de même quand il fait fonction de parallélipède.

693. 5°. Le solide intérieur auquel on arrive par la dissection d'un cristal n'en est pas rigoureusement le noyau. Ainsi le cube qu'on découvre dans le dodécaèdre a lui-même pour noyau une molécule cubique plus centrale, autour de laquelle il est probable qu'il s'est formé d'abord un très-petit dodécaèdre, qui a reçu de nouvelles couches sans changer de figure. Cependant rien n'empêche que la forme primitive grossie ne prenne ensuite une forme secondaire.

LIVRE IV.

Du Calorique.

CHAPITRE PREMIER.

De la nature du calorique, des propriétés qui le distinguent, et des lois qui le maîtrisent.

PARAGRAPHE PREMIER.

De la nature du calorique et de sa faculté dilatante.

694. SI l'on échauffe un corps quelconque, il augmente de dimensions dans tous les sens. Une tige métallique soumise à l'action de la chaleur, acquiert plus de longueur, plus de largeur et plus de profondeur : l'alcool présenté dans une fiole, à la flamme d'une bougie, reçoit presque subitement une augmentation considérable de volume. Ces expériences répétées sur un grand nombre de corps, soit solides, soit fluides, ont fixé sur cet objet l'opinion des physiciens. Quelques-uns cependant ont essayé de faire souffrir des exceptions à ce principe. Toutes les substances minérales (1), disent-ils, sont

(1) Nous verrons dans la suite que l'alumine diminue de ve-

soumises à cette loi ; mais il existe des substances végétales et animales qui paroissent refuser de s'y soumettre. Une chaleur douce dilate , il est vrai , leurs fibres , les écarte et diminue la densité de leur tissu ; mais par une chaleur brusque et forte , le parchemin , les membranes , les tendons se retirent , se resserrent sur eux-mêmes. Ces faits , sur lesquels on se fonde pour restreindre la généralité de ce principe , offrent des résultats dans lesquels se compliquent des circonstances qui en imposent d'abord ; mais pour peu qu'on réfléchisse , pour peu qu'on tâche d'isoler les effets et de les rapporter chacun à la cause qui les a produits , on s'aperçoit facilement que cette propriété qu'ont quelques matières animales et végétales de se retirer par une chaleur forte , tient à une cause étrangère ; je veux dire à l'irritabilité et à la contractibilité des fibres qui augmentent par la chaleur , tant que l'organisation n'est point détruite ; et que , conséquemment , la dilatation des corps par la chaleur est une loi constante et générale.

695. Le refroidissement détruit l'effet que la chaleur avait fait naître. Pour s'en convaincre , qu'on ramène par degrés un corps dont la chaleur a écarté les molécules , à la même température qu'il avoit avant d'être échauffé. Les molécules se rapprocheront insensiblement les unes des autres : le corps

lume lorsqu'on l'expose à l'action de la chaleur. Cette diminution provient de ce que l'alumine contient de l'eau que l'action du calorique réduit en vapeurs et chasse de la combinaison.

passera par les degrés d'extension qu'il avoit parcourus, et finira par reprendre le même volume qu'il avoit avant d'être échauffé. Ce principe, fondé sur des faits que l'expérience n'a jamais démentis, nous fait voir que les molécules des corps se rapprochent en raison du refroidissement qu'on leur fait éprouver : d'où il résulte que si l'on pouvoit produire le froid absolu, les molécules des corps seroient en contact immédiat, et réciproquement, que leurs molécules ne pourroient se toucher qu'en leur faisant éprouver le refroidissement le plus grand possible ; or, la production du froid absolu seroit une entreprise ridicule, puisqu'à ce degré de froid notre existence seroit anéantie. Nous ne pouvons donc rapprocher, autant qu'il est possible, les molécules des corps, et conséquemment les molécules d'aucun corps ne se touchent dans la nature.

696. Les physiciens se sont occupés de déterminer les dilatations que fait éprouver à différens corps la présence du calorique, et l'on a trouvé que pour chaque degré du thermomètre de Réaumur, le fer se dilate d'environ $\frac{1}{75000}$ de chacune de ses dimensions ; le cuivre de $\frac{1}{43000}$; et le verre de $\frac{1}{100000}$.

On a cherché aussi à déterminer la dilatation que l'air éprouve par l'action du calorique. Hauxbéc s'est occupé le premier de cette détermination ; et il a trouvé par un procédé simple et ingénieux (1), que l'expansion de l'air depuis le terme de la glace jus-

(1) Voyez l'*Histoire philosophique des progrès de la Physique*, tom. III, pag. 60.

qu'au plus haut degré de chaleur dans le climat d'Angleterre, est dans le rapport de 6 à 7.

Amontons trouva ensuite que depuis la température du printemps jusqu'à celle de l'eau bouillante, le volume de l'air augmentoit d'un tiers.

Ces résultats peu satisfaisans, à raison du peu de fixité des températures, ont porté des physiciens modernes à s'occuper du même objet, en prenant le degré de la glace fondante et celui de l'eau bouillante pour limites de la température.

M. Charles trouva, il y a vingt ans, que l'air commun et tous les gaz insolubles se dilatent depuis la température de la glace fondante jusqu'à celle de l'eau bouillante dans le rapport de 100 à 137,50, un peu plus grand que celui de deux à trois. M. Dalton a prouvé dans ces derniers temps par des expériences exactes, que tous les gaz permanens, solubles ou insolubles sont soumis à cette loi de dilatation par la chaleur; et M. Gay-Lussac a obtenu un résultat semblable pour tous les gaz solubles ou non solubles, permanens ou non permanens.

Cette uniformité dans la marche que suivent, en se dilatant, les gaz et les vapeurs, fait voir que leur dilatabilité par l'action de la chaleur ne dépend nullement de leur nature, mais seulement de leur état élastique.

697. Les phénomènes que nous venons de décrire, nous conduisent à expliquer avec clarté ce que nous entendons par calorique. On ne sauroit les concevoir sans admettre l'existence d'un fluide infiniment subtil, qui tantôt s'insinue dans les pores des

corps, et qui tantôt les abandonne pour produire, suivant les circonstances, l'écartement ou le rapprochement des molécules. L'existence de ce fluide n'est pas complètement prouvée; mais ne fût-elle qu'une hypothèse, nous verrons qu'elle n'en est pas moins propre à expliquer les phénomènes de la nature. C'est à ce fluide, ou réel, ou si l'on veut, hypothétique, que nous donnons le nom de *calorique*, pour le distinguer du feu qui comprend, d'après son acception ordinaire, le calorique et la lumière.

Lorsque le calorique s'introduit dans un corps, il se partage, pour ainsi dire, en deux parties bien distinctes, dont l'une sert à vaincre la cohésion des molécules du corps, et à satisfaire sa tendance pour ce fluide, tandis que l'autre fait équilibre à la température extérieure. Nous appelons la première *calorique combiné*, et la seconde *calorique interposé*.

698. Le calorique combiné est donc celui qui est enchaîné dans les corps par la force d'attraction, et qui constitue une partie de leur substance, même de leur solidité.

699. Le calorique interposé est celui qui, sans être engagé dans aucune combinaison, se trouve entre les molécules des corps. Un exemple familier rendra sensible la différence qui existe entre ces deux portions de calorique. Un morceau de pain plongé dans l'eau, contient deux portions d'eau bien distinctes; l'une est dans un état de combinaison, et forme une partie constituante du pain; l'autre est seulement interposée entre ses molécules, elle paraît sous forme d'eau, et s'échappe par la pression.

700. Il importe de distinguer avec soin le calorique de la chaleur, parce que dans l'étude des sciences on ne doit jamais confondre sous la même dénomination un effet et la cause qui lui donne naissance.

701. La chaleur n'est autre chose que l'effet produit sur nos organes par le passage du calorique, qui se dégage des corps environnans. Lorsque je touche un corps froid, le calorique qui, comme tous les fluides, tend toujours à se mettre en équilibre, passe de ma main dans le corps que je touche, et j'éprouve la sensation du froid. Lorsque je touche un corps chaud, le calorique passe du corps à ma main, et sa présence fait naître la sensation de la chaleur.

702. Mais comment le calorique se met-il en équilibre avec lui-même? Pour expliquer ce phénomène, nous observons dans ce moment, et nous prouverons bientôt, que des corps hétérogènes égaux, soit en masse, soit en volume, et réduits à la même température, n'absorbent pas toujours la même quantité de calorique dans leur passage à une même, mais plus haute température. Cela posé, voici comment on peut concevoir que l'équilibre s'établit, au moyen de la répartition qui se fait entre différens corps, du calorique cédé par les uns et absorbé par les autres. A mesure que le calorique s'accumule dans ceux-ci, leur attraction pour ce fluide diminue; c'est en effet une loi bien reconnue de l'attraction, que son action s'affoiblit à mesure que le corps qui l'exerce avance vers son terme de

saturation. Les corps qui cèdent de leur calorique éprouvent un effet contraire; leur attraction pour le calorique augmente en raison de la perte qu'ils font de ce fluide; or, c'est au terme où il y a équilibre entre les attractions des différens corps pour le calorique, que le système entier parvient lui-même à l'état d'équilibre.

§ II.

De la Faculté conductrice du calorique.

703. Tous les corps n'offrent pas au calorique un passage également libre et facile.

Première expérience. Prenez un fil de fer; présentez une de ses extrémités au foyer de la flamme d'une bougie; touchez le fil à un point distant sensiblement de cette extrémité. Vous ne tardez pas à éprouver la sensation de la chaleur.

Deuxième expérience. Prenez un charbon embrasé à une de ses extrémités; placez votre main à une petite distance de cette même extrémité, vous n'éprouvez pas la sensation de la chaleur.

Ces expériences prouvent que le calorique se propage facilement à travers les molécules du fer, tandis que les molécules du charbon se refusent à son passage. Nous appelons faculté conductrice du calorique, cette propriété qu'ont certains corps de lui offrir un passage facile. Ainsi, nous disons que le fer est un bon conducteur du calorique, et que le charbon est un mauvais conducteur de ce fluide.

704. Parmi les corps connus, les métaux et la plupart des fluides sont de très-bons conducteurs

du calorique, mais non pas au même degré. Ingenhouz et plusieurs autres physiciens ont cherché à déterminer dans quel rapport différens métaux jouissent de la faculté conductrice du calorique : mais les résultats de leurs expériences ne sont pas parfaitement satisfaisans. Il seroit à souhaiter qu'on tentât sur cet objet de nouveaux essais faits avec plus de soin et avec plus d'exactitude.

705. Le verre, les résines, le charbon, la soie, la laine, la paille, etc. résistent plus ou moins au passage du calorique.

706. La propriété qu'ont certains corps de céder ou de résister au passage du calorique, a donné naissance à un grand nombre d'applications utiles aux arts, aux usages même les plus ordinaires de la société.

707. 1°. On peut faire un emploi très-avantageux du calorique, en renfermant les corps embrasés dans des vaisseaux qui soient mauvais conducteurs de ce fluide. Ainsi, on construit des fourneaux économiques avec un mélange d'argile et de charbon, en observant que la première couche intérieure soit entièrement argileuse pour la garantir des atteintes du calorique ; ainsi on concentre le calorique dans des vases de verre plongés dans un bain de poudre charbonneuse : ainsi, des charbons embrasés conservent plus long-temps leur activité sur des réchauds d'argile, que sur des réchauds métalliques.

2°. Pour conserver la glace dans des lieux souterrains, on la fait reposer sur une couche de paille ; c'est une espèce de barrière qui met la glace

à l'abri des atteintes de la chaleur centrale qui, étant constamment de 11 degrés $\frac{1}{2}$ (échelle centigrade), seroit plus que suffisante pour la fondre.

3°. Les jardiniers ont soin de couvrir de paille les fleurs et les fruits qu'ils veulent préserver de l'influence d'un froid trop rigoureux. Ils manqueroient leur but, s'ils employoient pour cet objet une enveloppe métallique.

4°. Pendant les rigueurs de l'hiver, la laine et particulièrement la soie, conservent à notre corps le calorique que l'air environnant est avide de lui enlever.

5°. On peut économiser le combustible dans un appartement auquel on veut donner une douce et constante température, en employant, pour construire le tuyau adapté au poêle qui renferme le combustible, des substances qui propagent difficilement le calorique. Si l'on vouloit jouir d'une chaleur prompte et de peu de durée, il faudroit faire usage des meilleurs conducteurs du calorique pour la construction du tuyau.

708. C'est encore le passage du calorique d'un corps dans un autre qui a déterminé l'invention de divers instrumens plus ou moins propres, suivant les circonstances, à mesurer les degrés de chaleur. Il importe de faire connoître leur construction et leurs usages.

§ III.

De divers instrumens qui servent à mesurer les degrés de chaleur.

Du Thermomètre.

709. C'est à un physicien hollandais, nommé *Drebbel*, que nous devons l'invention du thermomètre. Celui qu'il imagina consiste en un tube de verre terminé par une boule, et ouvert à sa partie inférieure; on le plonge par cette ouverture dans une liqueur colorée, on applique la main sur la boule; l'air intérieur s'échauffe, se dilate et force une partie de cet air de s'échapper à travers la liqueur: on retire la main, l'air qui reste se condense par le refroidissement; et la pression de l'air extérieur détermine la liqueur à s'élever dans le tube jusqu'à une certaine hauteur. S'il arrive alors une augmentation de chaleur, l'air intérieur se dilate et fait descendre la liqueur; une diminution de chaleur produit un effet contraire, de manière que les variations dans la hauteur de la colonne suspendue dans le tube indiqueroient les variations dans la chaleur de l'air environnant, si la pression de l'atmosphère étoit constante; mais comme cette pression éprouve des altérations qui influent, suivant les circonstances, sur l'ascension ou sur l'abaissement de la liqueur, il en résulte qu'un thermomètre, construit d'après ces principes, ne peut donner que des indices très-équivoques sur la chaleur de l'atmosphère.

710. Pour corriger ce défaut, les académiciens

de Florence imaginèrent de sceller hermétiquement par le haut un tube de verre terminé de même par une boule, après l'avoir rempli d'une liqueur colorée jusques vers le milieu de sa hauteur. Ce tube étoit appliqué sur une planche graduée, et l'on jugeoit de la dilatation ou de la contraction de la liqueur par le nombre des degrés parcourus. Mais comme tout étoit arbitraire, et dans la construction de l'instrument, et dans la division de l'échelle, deux thermomètres construits de cette manière parloient chacun un langage différent, qui les rendoit incomparables.

711. Il falloit pour rendre les thermomètres comparables, que les limites de l'échelle fussent invariables, et conséquemment qu'elles fussent prises dans la nature. La première limite, celle qui marque le terme de départ de l'échelle, est fixée aujourd'hui par le point où s'arrête la liqueur dans le tube plongé dans la glace fondante, et la limite opposée est rapportée à la chaleur de l'eau bouillante. Les deux limites ont ainsi les caractères d'une véritable unité, qui doit conséquemment être soumise à la division décimale. La distance comprise entre les deux limites, est divisée en cent parties égales, et la division continue au-dessous de zéro.

712. Pendant long-temps on a employé l'alcool pour la construction des thermomètres. Ce fluide diffère de lui-même, suivant la différence des substances dont on le tire; il perd en vieillissant une partie de ses propriétés, et les dilatations qu'il éprouve ne sont pas proportionnelles aux quantités

de calorique qui leur donnent naissance. Le mercure ne présente pas de semblables inconvénients ; ce fluide bien purifié est constamment homogène , et nous verrons bientôt que les dilatations qu'il éprouve sont au moins, depuis zéro jusqu'au degré de l'eau bouillante, sensiblement proportionnelles aux quantités de calorique qui les produisent. Les thermomètres à mercure méritent donc la préférence sur les thermomètres à alcool, qui ne peuvent servir utilement que dans le cas où l'on voudroit faire des observations par un froid artificiel plus grand que celui de 32 degrés, qui détermine la congélation du mercure.

713. Lorsqu'on plonge subitement un thermomètre dans un fluide plus chaud, le calorique s'élançe du fluide vers le tube qu'il dilate avant de pénétrer le mercure suspendu dans le tube. Le volume du tube augmente donc avant qu'il se produise la moindre dilatation dans le mercure, qui conséquemment doit descendre ; mais bientôt après le calorique se communique au mercure qui, étant plus dilatable que le verre, doit s'élever sensiblement. Le contraire arrive lorsqu'on plonge un thermomètre dans une liqueur plus froide. Le verre se condense le premier, et le mercure éprouve une ascension momentanée ; bientôt après le mercure se condense beaucoup plus que le verre, et il doit résulter de cette différence une dépression sensible du mercure.

On voit par là pourquoi un verre épais et vide, qu'on présente à l'action d'une vive chaleur, se casse subitement

subitement. Le calorique pénètre d'abord la surface extérieure du verre et la dilate, tandis que la surface intérieure conserve encore le même volume : les parties du verre éprouvent donc une dilatation inégale qui doit occasionner une rupture. Si le verre est mince, le calorique pénètre presque en même temps sa surface extérieure et sa surface intérieure ; il se produit une dilatation égale de parties qui éloigne le danger de la cassure.

714. On peut laisser de l'air entre la liqueur du thermomètre et l'extrémité supérieure du tube, sans craindre que les dilatations du fluide élastique par l'action de la chaleur, altèrent la régularité des dilatations du mercure ou de l'alcool ; car l'air ne pourroit agir, dans ce cas, sur les liquides que comme force comprimante ; et personne n'ignore que les liquides opposent à la compression une résistance sensible qui a lieu également à toutes les températures, tandis que les fluides élastiques cèdent facilement à la moindre force comprimante. Ce sera donc le mercure ou l'alcool qui forcera l'air de se resserrer dans un plus petit espace, et de lui céder une partie de la place qu'il occupe.

715. Nous avons dit qu'on divisoit l'échelle du thermomètre en parties égales, qu'on appelle *degrés*. Ces degrés, isolés ou rassemblés constituent la *température*.

716. La *température* d'un corps n'est donc autre chose que la mesure des dilatations qu'éprouvent les fluides qu'on emploie à la construction des thermomètres, lorsqu'après avoir obéi aux attractions

plus ou moins fortes qui le maîtrisent, le calorique s'est enfin mis en équilibre.

717. Les physiiciens avoient attaché jusqu'ici au mot température des idées fausses ou obscures, qui n'ont servi qu'à répandre et à accréditer des erreurs.

1°. Quelques-uns ont cru pouvoir fixer avec sécurité la température réelle des corps. Une des conditions essentielles pour remplir cet important objet seroit d'avoir un thermomètre dont les divisions se rapportassent exactement aux quantités égales de calorique qu'on lui communiqueroit; ou, pour parler plus clairement, dont les divisions fussent fixées par ses dilatations produites en vertu d'une communication successive de quantités égales de calorique. On marqueroit alors sur le thermomètre le *zéro réel*, c'est-à-dire, l'instant où les molécules solides, totalement privées de calorique interposé, se toucheroient par autant de points qu'il leur seroit possible de se toucher. En continuant ainsi la division, on auroit la véritable température des corps; mais le point d'où nous partons pour diviser nos thermomètres, n'est pas celui où les molécules des corps dont nous nous servons pour les construire, se touchent par autant de points qu'il leur est possible de se toucher. Il n'exprime donc pas le *zéro réel*; il désigne seulement le *zéro thermométrique*, c'est-à-dire, le degré de dilatation où s'arrête le mercure lorsqu'on plonge un thermomètre dans la glace fondante. Les degrés de nos thermomètres ne sont donc que des fractions inconnues de la température réelle; et conséquemment, dans l'état

actuel de nos connoissances, on présente une idée fausse, en disant que la température d'un corps est double ou triple de celle d'un autre.

718. On a regardé pendant long-temps, et on regarde peut-être encore, le thermomètre comme une mesure exacte de la chaleur. Cette propriété ne convient pas au thermomètre, soit qu'on considère le mot chaleur comme synonyme de calorique, soit qu'on lui fasse exprimer la sensation que fait naître la présence du calorique. Dans le premier cas, le thermomètre pourroit-il être une mesure exacte de la chaleur? Il ne peut indiquer le calorique combiné, puisqu'en supposant les circonstances les plus favorables, il est absolument impossible de déterminer la quantité de calorique qui est combinée avec les molécules des corps solides. Il ne peut pas non plus mesurer le calorique interposé; car lorsque le mercure s'élève dans le tube, c'est sans doute une preuve qu'il y a du calorique interposé qui se répand dans les corps environnans; le thermomètre, qui est un de ces corps, en reçoit sa portion, en raison de sa masse et de la capacité qu'il a pour admettre le calorique: l'ascension du mercure dans le tube n'indique donc que la portion de calorique qu'il a reçue, mais il ne mesure pas la quantité totale qui s'est dégagée: le thermomètre ne peut donc mesurer ni le calorique combiné, ni le calorique interposé, et conséquemment il ne peut être une mesure exacte de la chaleur, en supposant que ce mot soit synonyme du mot calorique. Si l'on se sert du mot chaleur pour expri-

mer la sensation, peut-on dire que le thermomètre la mesure exactement? S'il en étoit ainsi, deux corps quelconques réduits à la même température, donneroient naissance à des sensations de chaleur qui auroient le même degré d'activité; ce qui est contraire à l'expérience, puisqu'un morceau de marbre, par exemple, nous paroît plus froid qu'un morceau de bois, lors même que ces deux corps sont réduits à la même température.

Du Thermoscope.

719. Le mot *thermoscope*, tiré du grec, veut dire *indicateur de chaleur*. Le mot *thermomètre* signifie *mesure de la chaleur*. Il ne faut donc point confondre le thermomètre avec le thermoscope. Rumford regarde le thermoscope comme un microscope de chaleur, c'est-à-dire comme un instrument propre à reconnoître l'existence des plus petites variations dans la température des corps.

720. Amontons avoit employé, il y a plus d'un siècle, l'air comme fluide thermoscopique, à raison de l'étendue relative de ses changemens de volume par les variations de la chaleur; mais dans les thermomètres d'air qu'il construisoit, les effets barométriques se combinoient avec les effets thermométriques, à cause de la pression exercée par l'atmosphère sur l'air contenu dans la boule de l'instrument.

721. Rumford a imaginé un thermoscope qui a tous les avantages des thermomètres d'air, sans en avoir les* inconvéniens. Il se compose de deux

boules creuses, réunies par un tube coudé en équerre vers les deux extrémités. Cet appareil est rempli d'air, et ne contient qu'une très-petite quantité de liquide coloré, ordinairement réuni dans un appendice adapté vers l'un des coudes du tube, et fermé hermétiquement. Tout l'intérieur est sans communication avec l'atmosphère, et prêt à devenir thermoscope, quand on veut commencer les expériences auxquelles on le destine.

Alors on fait passer préalablement du réservoir dans le tube horizontal, une goutte de liquide coloré, suffisante pour y occuper une étendue d'environ trois quarts de pouce. Il faut faire ensorte que lorsque les deux boules sont à la même température, cette petite colonne qui sert d'index, se trouve vers le milieu de la longueur du tube. On y parvient en chauffant légèrement avec la main celle des deux boules qui est la plus distante du réservoir, avant de faire passer la goutte du liquide dans le tube : on la voit ensuite marcher du côté de la boule qu'on avoit échauffée, à mesure que cette boule perd de sa chaleur accidentelle, et s'arrêter vers le milieu du tube, quand l'équilibre de température des deux boules est parfaitement rétabli.

Mais du moment que cet équilibre est rompu par la plus légère addition de calorique, qu'on fait exclusivement à l'une des deux boules, l'air dilaté dans celle-ci tend à passer dans la boule opposée, et met en mouvement la goutte de liquide qui sert d'index. La quantité de ce mouvement est appréciée par une division en parties égales placée contre le

tube, et à laquelle on rapporte la position de l'une ou de l'autre des extrémités de la petite colonne de liquide coloré.

Si l'on veut, par exemple, au moyen de cet appareil, comparer l'effet calorifique de deux corps chauds agissant à distance, on les présente simultanément aux deux boules de l'instrument, en empêchant, à la faveur d'un écran intermédiaire, le mélange des influences respectives. On cherche à obtenir l'immobilité de l'index, en éloignant celui des deux corps dont l'influence calorifique est la plus grande, de la boule sur laquelle il agit; et quand l'index est stationnaire, on est certain que l'action des corps chauds sur les boules qui reçoivent respectivement leur émanation est égale. Alors, s'ils sont à même distance des boules correspondantes, l'intensité absolue de la cause de la chaleur doit être présumée égale. Si au contraire, à effet calorifique égal, ces distances sont inégales, alors l'intensité de la cause de la chaleur suit probablement le rapport inverse de la distance de chacun des corps chauds à la boule correspondante.

Les deux portions verticales du tube auxquelles sont soudées les boules, ont chacune 10 pouces de longueur, et le tube horizontal, qui les réunit en a 17. Les boules ont environ un pouce et demi de diamètre; celui du tube est tel, que 15 grains de mercure y occupent un pouce d'étendue.

Ce tube est fixé à une planche longue de 27 pouces, large de 9 et épaisse d'un pouce. Au milieu de sa longueur s'élève un support qui porte

un écran circulaire vertical, fait de carton, sur les deux faces duquel on a collé du papier doré. Il sert à empêcher que l'une des deux boules de l'instrument ne soit affectée par les rayons calorifiques qui émanent d'un corps chaud présenté à la boule opposée. On emploie accidentellement, dans ces sortes d'expériences, beaucoup d'autres écrans; car l'instrument est d'une sensibilité telle, que la présence de la main, à plusieurs pouces de distance de l'une de ses boules, met l'index en mouvement; et l'approche de la personne qui veut se servir de l'instrument produit le même effet, si l'on ne prend soin d'interposer des écrans convenablement placés, pour empêcher la rayonnance de sa chaleur individuelle sur les boules thermoscopiques.

Pour que l'observateur puisse, sans aide, éloigner ou rapprocher à volonté, et simultanément vers les boules, les corps chauds dont il étudie l'action, sans cesser de tenir ses yeux fixés sur l'index thermoscopique, et en se procurant cependant la connoissance certaine de leur distance respective des boules qu'ils affectent, Rumford emploie une addition fort simple à son appareil: ce sont deux coulisses horizontales sur lesquelles reposent les supports des corps chauds de part et d'autre du thermoscope, et qu'on fait mouvoir à l'aide d'une manivelle dont l'axe porte un pignon qui mène un râteau conduisant les coulisses. Chacune est munie en-dessus d'une division, qui indique à chaque instant et avec précision, quelle est la distance absolue du corps chaud à la boule qu'il affecte.

Le diamètre qui convient le mieux au tube du thermoscope est celui qui donne 15 à 18 grains de poids de mercure par pouce de longueur. Pour cette dimension, les boules peuvent avoir environ un pouce et demi de diamètre. Si elles sont peintes en noir, à l'encre de la Chine, l'instrument en devient d'autant plus sensible.

Du Pyromètre.

722. C'est à *Mussembroek* qu'est due l'invention du pyromètre; mais cet instrument qui sert à mesurer l'action du calorique sur les corps solides est sorti imparfait des mains de son auteur, et il n'a acquis le degré de précision qui lui convient, qu'à mesure qu'il s'est éloigné de l'époque de son origine.

Celui qui est aujourd'hui le plus généralement employé, se compose principalement d'une lampe à alcool, garnie de plusieurs mèches, et d'une boîte cylindrique contenant plusieurs leviers correspondans entr'eux, qui communiquent le mouvement par le moyen d'une roue dentée, à une aiguille décrivant sur un cadran horizontal la circonférence d'un cercle, divisée en deux cents parties égales. On fixe successivement des cylindres de différens métaux, égaux en longueur et en grosseur, au-dessus des mèches allumées; de manière que l'un des bouts étant arrêté par une vis de pression, l'autre extrémité s'appuie contre la partie de l'instrument qui communique le mouvement aux leviers, et par suite à l'aiguille: et comme le moindre allongement la fait mouvoir de manière à lui faire décrire la cir-

conférence entière pour chaque dilatation d'un quart de ligne, les plus petits degrés de dilatation deviennent appréciables à l'aide de cet instrument.

Dans certains pyromètres on place la barre métallique après avoir observé la température à laquelle elle a été élevée; et comme une des extrémités repose sur un point mobile qui est pressé par un ressort, ce dernier en se détendant a mesure que le refroidissement raccourcit la barre, fait mouvoir une aiguille qui indique les degrés de raccourcissement.

723. La propriété qu'a l'alumine de prendre un retrait proportionné à la chaleur qu'on lui applique, a fait imaginer à *Wedgood* une espèce de pyromètre qu'il importe de décrire.

Cet instrument est composé de deux parties, l'une appelée *jauge*, qui sert à mesurer les degrés de diminution ou de retrait: l'autre comprend de petites pièces d'alumine, qui portent le nom de *pièces pyrométriques*.

La *jauge* est formée par une plaque de terre cuite, sur laquelle sont appliquées deux règles de même matière. Ces règles, droites et bien unies, offrent un écartement de 13 millimètres (6 lignes) à un des bouts, et de 9 millimètres (4 lignes) à l'autre. La *jauge* est coupée par le milieu, et on ajuste les pièces lorsqu'on veut en faire usage. La longueur de cette règle est divisée en 240 parties égales, dont chacune représente environ 3 millimètres (une ligne).

On fait les pièces pyrométriques avec de la terre bien tamisée, mêlée ensuite avec de l'eau. La pâte

qui en résulte est introduite dans un tuyau de fer, pour lui donner la forme de bâtons longs, que l'on coupe ensuite en parties d'une grandeur convenable. Lorsque les pièces sont sèches, on les présente à la jauge, et il faut qu'elles s'adaptent au zéro de l'échelle. Les pièces ainsi ajustées sont cuites dans un four, à une chaleur rouge, afin qu'elles aient une consistance suffisante pour le transport. La chaleur qu'on emploie pour la cuisson est d'environ 6 degrés. Les pièces ont souffert une diminution dont on ne doit tenir aucun compte, puisqu'elles doivent être soumises à un degré de chaleur supérieur à celui qu'elles ont éprouvé. Pour mesurer un degré de chaleur inférieur, on se sert de pièces non cuites, qu'on conserve avec soin dans des étuis.

Pour faire usage de ce pyromètre, on expose une des pièces dans le foyer dont on veut prendre la chaleur. Lorsqu'on juge qu'elle en a éprouvé toute l'action, on la retire et on la laisse refroidir. On la présente à la jauge, et on détermine aisément le retrait qu'elle a éprouvé. Si on la retire d'un fourneau dans lequel on fait fondre un métal, à l'instant même où il entre en fusion, et qu'on répète la même opération pour une autre, il est facile de comparer le degré de chaleur qu'il faut appliquer à chacun pour les fondre.

724. La grande difficulté de fondre le platine a donné à M. de Morveau l'idée de faire servir ce métal à la construction d'un pyromètre propre à mesurer les degrés de la plus haute chaleur de nos fourneaux. Il consiste en une lame de platine de

45 millimètres de longueur, 5 de largeur et 2 d'épaisseur. Elle est posée de champ dans une rainure pratiquée dans un tourteau d'argile réfractaire : elle s'appuie, par l'extrémité inférieure, contre le massif qui termine la rainure, et son extrémité supérieure porte sur le bras horizontal d'un levier coudé, qui a 25 millimètres de longueur. Le bras vertical du même levier est long de 58 millimètres, et son extrémité inférieure forme une aiguille sur un arc de cercle gradué.

Toutes les pièces de ce pyromètre étant de platine, on n'a à craindre ni fusion, ni oxydation ; et le tourteau étant cuit au dernier degré ne peut prendre du retrait. Ses dimensions en rendent l'usage commode par la facilité de le placer dans un moufle sous un creuset renversé. Il est si sensible qu'il peut montrer avec précision des dilatations d'un 200^e de millimètre (environ un 400^e de ligne). Pour empêcher que l'aiguille ne change de situation par le mouvement qu'on pourroit lui donner quand on retire l'instrument du fourneau, on adapte une lame de platine qui fait ressort sur son extrémité.

Il paroît que ce pyromètre peut remplacer avec avantage celui de Wedgood, dont les pièces pyrométriques ne sont pas toujours de même qualité, comme tout ce qui tient à une manipulation quelconque.

§ IV.

De la capacité des corps pour admettre le calorique entre leurs molécules , et de la manière de la déterminer.

725. Pour élever du même nombre de degrés la température de deux corps hétérogènes égaux , soit en masse , soit en volume , il faut presque toujours leur communiquer d'inégales quantités de calorique. Si , par exemple , il faut communiquer à un demi-kilogramme (une liv.) d'eau une quantité de calorique représentée par le nombre 8 , pour élever sa température depuis le deuxième degré du thermomètre à mercure jusqu'au soixantième , il ne faudra , pour élever de même la température d'un demi-kilogramme (une liv.) de limaille de fer depuis le deuxième degré du thermomètre à mercure jusqu'au soixantième , qu'une quantité de calorique représentée par le nombre 1. L'expérience atteste cette vérité , et il en résulte que pour produire le même changement de température dans des poids égaux d'eau et de fer , il faut communiquer à l'eau huit fois plus de calorique qu'au fer. C'est la représentation de ces quantités de calorique qu'il faut communiquer à des poids égaux de substances hétérogènes , pour opérer le même changement dans leur température , que nous designons par *capacité des corps pour admettre le calorique entre leurs molécules* , ou plus simplement par le mot *capacité*. La *capacité* des corps est donc une mesure qui nous indique la quantité de calorique qu'il faut leur com-

muniquer pour élever leur température d'un certain nombre de degrés, pourvu cependant que ces corps ne changent point d'état pendant cette augmentation de température. Ainsi, dans l'exemple cité ci-dessus, nous disons que la capacité de l'eau est à celle du fer depuis le deuxième degré du thermomètre à mercure jusqu'au soixantième, comme 8 à 1.

726. Des poids égaux de corps hétérogènes qui reçoivent d'égales quantités de calorique, éprouvent un changement de température qui est en raison inverse de leur capacité. Pour établir cette vérité, supposons deux corps A et B, dont les capacités soient entr'elles comme 4 à 1. Communiquons à des poids égaux de ces corps hétérogènes d'égales quantités de calorique ; si cette quantité de calorique augmente la température de A d'un degré, la température de B se trouvera augmentée de quatre degrés par cette addition de calorique, et conséquemment l'augmentation de température dans le corps A sera à l'augmentation de température dans le corps B, comme 1 à 4 ; mais la capacité du corps A est à la capacité du corps B, comme 4 à 1 ; donc leur changement de température est en raison inverse de leur capacité.

727. Pour déterminer la capacité de différens corps, il faut les considérer comme ayant des poids égaux et des températures semblables, ou comme ayant des volumes égaux et même température ; et la différence entre les résultats de ces comparaisons, sera comme la différence qui se trouve entre les pesanteurs spécifiques des substances comparées.

728. Les physiciens qui se sont occupés de déterminer la capacité des corps, se sont servis jusqu'ici, dans la fixation de leur rapport, de l'égalité des poids. Si on vouloit l'établir sur l'égalité des volumes, il faudroit absolument l'énoncer. Cette explication est inutile, lorsque la détermination des capacités est fondée sur l'égalité des poids.

729. Deux corps égaux, soit en masse, soit en volume, et réduits à la même température, contiennent presque toujours d'inégales quantités de calorique. Nous désignons chacune de ces quantités par l'expression *calorique spécifique*, qui conséquemment comprend le calorique interposé et le calorique combiné, et qui indique la quantité totale de calorique que contient un corps dont la température est déterminée, relativement à celle que contient un autre corps égal en masse, et réduit à la même température. Nous disons donc, lorsque deux corps hétérogènes égaux en masse, et ayant la même température, contiennent d'inégales quantités de calorique, que le calorique spécifique de l'un est à celui de l'autre, comme tel nombre est à tel autre.

730. De ce que nous venons de dire, il résulte, 1°. que les expressions *température*, *capacité* et *calorique spécifique*, sont des dénominations affectées à des nombres abstraits, qui peuvent servir à établir des rapports, et conséquemment à fixer des mesures.

731. 2°. Que les expressions *calorique combiné* et *calorique interposé* sont des expressions employées

pour désigner des *manières d'être du calorique*.

732. Le mercure éprouve dans le thermomètre, des dilatations et des condensations qui, depuis 0 jusqu'à 100 degrés (échelle centigrade), sont à peu près proportionnelles aux parties de calorique qu'on lui communique. Je veux dire que si, pour dilater le mercure depuis le deuxième degré du thermomètre jusqu'au troisième, il faut lui communiquer une quantité de calorique exprimée par le nombre 3, il faudra lui communiquer la même quantité de calorique pour le dilater depuis le trentième jusqu'au trente-unième degré. Aucune expérience décisive ne justifie pleinement cette assertion. Il est néanmoins vraisemblable qu'elle ne s'éloigne pas sensiblement de la vérité.

733. La capacité d'un corps est permanente, lorsque la même quantité de calorique, qui élève sa température d'un certain nombre de degrés (mesurés sur un thermomètre, dont les dilatations sont proportionnelles aux augmentations de calorique), l'élève du même nombre de degrés à toute autre température; au contraire, la capacité est augmentée ou diminuée, lorsqu'après ce changement il faut lui communiquer plus ou moins de calorique pour qu'il fasse éprouver la même dilatation au mercure du thermomètre. Un exemple jettera du jour sur cette définition. Supposons qu'il faille communiquer à un poids donné d'eau, une quantité de calorique exprimée par le nombre 8, pour élever sa *température* depuis le premier degré du thermomètre à mercure jusqu'au neuvième : s'il faut ensuite, pour

élever la température de cette même quantité d'eau, depuis le 31^e degré jusqu'au 39^e, lui communiquer une quantité de calorique également exprimée par le nombre 8, nous pourrions dire que la capacité de l'eau est permanente, depuis le terme de sa congélation jusqu'à celui de son ébullition; mais si la quantité de calorique nécessaire pour élever la température de l'eau, depuis le 31^e degré jusqu'au 39^e, étoit plus grande que celle qu'il faut lui communiquer pour élever sa température depuis le 1^{er} degré jusqu'au 9^e, nous dirions que la capacité de l'eau va continuellement en croissant, depuis le terme de sa congélation jusqu'à celui de sa vaporisation; et, dans le cas contraire, nous dirions que, dans la même échelle, la capacité de l'eau est décroissante.

734. Aucune expérience n'indique encore avec exactitude la marche des *capacités*. Sont-elles ou ne sont-elles pas permanentes tant que les corps ne changent pas d'état? C'est un problème qu'il n'est pas encore possible de résoudre d'une manière satisfaisante. Dans l'état actuel de nos connoissances, on ne peut former que des conjectures sur cet objet. La négative paroît pourtant fondée sur un plus grand nombre de probabilités.

735. On connoît deux moyens de déterminer la capacité; le premier, que nous devons au docteur *Crawford*, consiste à mêler ensemble des poids ou des volumes égaux de substances hétérogènes, dont les *températures* sont différentes, et à observer la température du mélange; les capacités sont alors en raison inverse des changemens de température.

Première

Première expérience. Prenez un demi-kilogramme (une livre) d'eau à 1 degré, et un demi-kilogramme (une livre) de limaille de fer à 10 degrés, mêlez-les ensemble. La température du mélange est de 2 degrés.

Cette expérience prouve que la même quantité de calorique, qui élève la température d'un demi-kilogr. de fer de 8 degrés, ne peut élever celle d'un demi-kilogr. d'eau que d'un seul degré : d'où il résulte, ainsi que nous l'avons déjà vu, que la capacité de l'eau est à celle du fer, comme 8 à 1 ; mais nous venons de voir que les changemens de température étoient dans ces deux substances comme 1 à 8. On peut donc conclure qu'en se servant de cette méthode, c'est-à-dire, en mêlant des poids égaux de substances hétérogènes ayant différentes températures, et en observant la température du mélange, les capacités de ces substances sont en raison inverse de leur changement de température.

736. Outre que cette méthode ne peut être employée dans beaucoup de circonstances, il est visible que la faculté conductrice de l'air et des vases qui renferment les mélanges, doit s'opposer à la précision des résultats. Ces inconvéniens ont engagé Lavoisier et Laplace à imaginer une méthode plus générale et plus exacte. Elle consiste à échauffer les corps, à les placer ensuite au milieu d'une sphère creuse de glace, et à rassembler la quantité d'eau formée ; les capacités sont alors en raison directe des quantités de glace fondue.

Deuxième expérience. On met un demi-kilogr.

(une liv.) d'eau à 60 degrés dans une sphère creusée de glace, ou dans un appareil propre à la représenter. Ce demi-kilogr. d'eau à 60 degrés fait fondre un demi-kilogr. (une liv.) de glace.

Troisième expérience. On met dans le même appareil un demi-kilogr. (une liv.) de limaille de fer à 60 degrés. Ce demi-kilogr. de limaille de fer à 60 degrés fait fondre environ 60 grammes (2 onces) de glace.

Ces expériences combinées démontrent que les quantités de glace fondue, par des poids égaux d'eau et de fer qui ont la même température, sont entr'elles comme un demi-kilogr. (une liv.) est à 60 grammes (2 onces), c'est-à-dire, comme 16 à 2, ou comme 8 à 1; mais nous avons vu ci-dessus que la capacité de l'eau étoit à celle du fer comme 8 à 1. Nous pouvons donc conclure qu'en se servant de l'appareil à la glace, la capacité des corps sur lesquels on opère, lorsqu'ils sont à la même température et qu'on emploie des poids égaux, sont en raison directe des quantités de glace fondue.

737. Il seroit sans doute difficile de se procurer des sphères de glace creuses, pour faire les dernières expériences que nous venons de rapporter; et quand même on pourroit se les procurer facilement, elles offriroient beaucoup d'inconvéniens dans la pratique. Ces motifs ont porté Lavoisier et Laplace à y suppléer par un appareil auquel ils ont donné le nom de *calorimètre*.

Il consiste dans trois corps circulaires presque inscrits les uns dans les autres; de sorte qu'il en

résulte trois capacités : la capacité intérieure est formée par un grillage de fil de fer soutenu par quelques montans de même métal ; c'est dans cette capacité, dont la partie supérieure se ferme avec un couvercle , qu'on met les corps soumis à l'expérience. La capacité moyenne sert à contenir la glace qui environne la capacité intérieure ; cette glace est supportée et retenue par une grille sous laquelle est un tamis ; à mesure que la glace fond , l'eau s'échappe à travers la grille et le tamis , et se rassemble dans un vase placé dessous : la capacité extérieure contient la glace qui doit empêcher la pénétration de la chaleur extérieure.

Pour faire usage de cette machine , on remplit de glace pilée la capacité moyenne et le couvercle de la sphère intérieure : on en fait autant à la capacité extérieure, de même qu'au couvercle général de toute la machine ; on laisse égoutter la glace intérieure ; et lorsqu'elle ne donne plus d'eau , on ouvre le couvercle de la capacité intérieure pour y introduire le corps qu'on veut soumettre à l'expérience , et on le referme sur-le-champ. On attend que le corps soit porté au degré de chaleur 0, température ordinaire de la capacité intérieure , et on pèse la quantité d'eau qui est produite ; ce poids mesure exactement la chaleur dégagée de ce corps , puisque la fonte de la glace n'est que l'effet de cette chaleur. La durée de ces sortes d'expériences est de 15 à 20 heures.

Il importe pour se servir utilement de cette machine , 1°. que la chaleur de l'air ne soit pas au-

dessous de 0 , puisqu'alors la glace intérieure recevrait un froid sous 0 ; 2°. qu'il n'y ait aucune communication entre la capacité externe et la capacité moyenne.

738. Tous les corps exposés à l'action du calorique, absorbent, en se fondant et en se vaporisant, une quantité de ce fluide qui se combine avec leurs molécules, et qui n'augmente pas leur température ; mais lorsqu'ils reviennent à leur premier état, ils perdent une quantité de calorique absolument égale à celle qu'ils avoient précédemment absorbée.

739. C'est sur ce principe généralement reconnu, et dont nous devons la découverte au célèbre Black, que repose la théorie du calorique. Nous aurons bientôt occasion de lui donner le développement qui lui convient.

§ V.

Du Calorique rayonnant.

740. Le calorique rayonnant est celui qui s'échappe de tout corps embrasé ou seulement échauffé sous la forme de rayons rectilignes. Scheele a observé le premier les propriétés qui le distinguent.

1°. L'air lui offre un passage libre et facile sans altérer ni son excessive vitesse, ni sa direction rectiligne.

2°. Les miroirs métalliques concaves ont la propriété de réfléchir le calorique rayonnant et de concentrer à leur foyer toute l'action de ce fluide. Les miroirs de verre ne partagent pas cette propriété. *Scheele* a observé qu'ils absorbent le calorique

rayonnant, qu'ils ne réfléchissent ou ne transmettent que le fluide lumineux, jusqu'à ce que le verre soit assez échauffé pour donner lui-même du calorique rayonnant.

Saussure, Pictet et Rumford se sont occupés, après *Scheele*, de la propriété qu'a le calorique rayonnant d'être réfléchi par les miroirs métalliques, et en ont constaté l'existence par les expériences suivantes.

Première expérience. Deux miroirs métalliques concaves étant disposés l'un vis-à-vis de l'autre, et séparés par une distance de 12 pieds (environ 4 mètres), on a placé à l'un des foyers un boulet de fer rougi, mais refroidi, au point qu'il n'étoit plus lumineux, même dans l'obscurité; un thermomètre situé à l'autre foyer, marquant 4 degrés au-dessus de zéro, est monté en 6 minutes à 14 degrés, tandis qu'un autre thermomètre, situé hors du foyer, à la même distance du boulet, n'est monté qu'à 6 degrés.

M. *Pictet* a obtenu des effets semblables, en substituant un matras rempli d'eau bouillante au boulet échauffé, pour dissiper toute crainte d'émission du fluide lumineux.

Cette expérience prouve que la présence des miroirs détermine la réflexion du calorique rayonnant qui s'échappe du boulet, pour le concentrer au foyer qu'occupe le thermomètre.

Seconde expérience. Les miroirs conservant la même disposition, M. *Pictet* a placé au foyer de l'un un thermomètre à air, et un matras plein de neige au foyer de l'autre. Le thermomètre n'a pas tardé à

descendre de plusieurs degrés , il est remonté ensuite du moment que le matras a été enlevé ; on a remis le matras au foyer du même miroir , et on a versé de l'acide nitrique sur la neige ; il en est résulté une augmentation de froid qui a produit sur le thermomètre une dépression de 5 ou 6 degrés , comme si le froid étoit réfléchi.

Cette expérience ne diffère de la précédente qu'en ce que les émanations du calorique prennent une marche inverse. Dans la première, le calorique s'échappe du boulet, est réfléchi par le miroir dont il occupe le foyer, et les rayons réfléchis tombant parallèlement sur l'autre miroir, sont réfléchis à son foyer qu'occupe le thermomètre, ce qui détermine l'ascension du mercure ; dans la seconde, le calorique s'échappe du thermomètre, et va, après deux réflexions, se concentrer au foyer qui est occupé par le matras de neige, ce qui nécessite l'abaissement de la colonne de mercure. On voit donc qu'il est facile d'expliquer les phénomènes que présente la dernière expérience, sans admettre l'existence d'une matière frigorisique qui, s'échappant de la neige et réfléchié successivement par les miroirs, aille se concentrer au foyer occupé par le thermomètre et déterminer sa dépression.

741. Une circonstance qui me paroît essentielle, et dont on ne parle point, seroit de placer dans la dernière expérience un thermomètre hors du foyer, aussi distant du matras de neige que celui qui occupe le foyer, et d'observer la dépression du mercure dans les deux thermomètres ; car on conçoit

aisément que la présence des miroirs détermine la réflexion du calorique rayonnant qui s'échappe du thermomètre, et qui sans eux seroit perdu pour le matras plein de neige. Mais ce qui me paroît difficile à concevoir, c'est que la présence des miroirs détermine, de la part du thermomètre, une émission de calorique plus abondante que si les miroirs étoient absens.

742. M. *Rumford* a fait, à l'aide de deux miroirs métalliques concaves de quinze pouces de diamètre et quinze pouces de foyer, des expériences semblables à celles que nous venons de décrire : l'effet a été le même, l'explication doit être la même.

L'auteur conclut néanmoins de ces expériences que « le calorique ne peut pas avoir d'existence réelle. La communication de la chaleur lui paroît analogue à celle du son ; le corps froid, dans l'un des foyers, oblige le corps chaud, le thermomètre, qui se trouve dans l'autre, de changer de note. »

§ VI.

Des rapports qui existent entre le calorique et le fluide lumineux.

743. Le calorique est-il une modification du fluide lumineux, ou bien le fluide lumineux est-il une modification du calorique ? Tel est le problème qui exerce depuis long-temps la sagacité des physiciens, et dont on a jusqu'ici cherché vainement la solution. Ce qu'il y a de certain, c'est que le calorique et le fluide lumineux produisent, dans un grand nombre de cas, des effets très-différens. Le phosphore, le

diamant, le bois pourri, les matières animales en putréfaction ; les insectes et les vers lumineux répandent souvent une clarté très-vive et très-éclatante, sans exciter sur nos organes aucune sensation qui atteste la présence du calorique. D'un autre côté, presque tous les corps naturels peuvent, sans devenir lumineux, être échauffés au point de nous faire éprouver la sensation de la chaleur. Ces considérations suffisent pour nous faire distinguer soigneusement le fluide lumineux du calorique. Il nous paroît cependant que ces deux fluides ne sont qu'un seul et même élément diversement modifié. Cette opinion est fondée sur des motifs puissans que nous allons développer.

1°. Plusieurs corps chauds répandent de la clarté si la chaleur augmente, et la clarté cesse si la chaleur diminue ; du fer incandescent luit, mais la clarté disparoît du moment que la chaleur diminue.

2°. Dans les rayons qui nous viennent du soleil, la chaleur est intimement unie avec la lumière ; les corps qui réfléchissent abondamment le fluide lumineux s'échauffent lentement, ceux que ce fluide pénètre en plus grande quantité s'échauffent plus promptement ; et le fluide lumineux, en pénétrant un corps, ne lui communique pas toujours la propriété de répandre une clarté sensible avec de la chaleur. Différentes pierres calcinées luisent dans l'obscurité ; la clarté qu'elles répandent diminue graduellement, et finit par disparoître entièrement ; mais on peut la renouveler plusieurs fois, en exposant ces corps à l'action des rayons solaires.

Plusieurs pierres calcinées jouissent de la même propriété sans leur faire éprouver aucune calcination, soit qu'on les soumette à l'influence directe des rayons solaires, soit qu'on les expose seulement pendant quelque temps à la clarté du jour dans un lieu que le soleil ne pénètre pas directement. Dans toutes ces substances pierreuses, la lumière ne se communique pas sans chaleur, et dans les cas où la chaleur est foible, la lumière communiquée est aussi foible ; mais dans d'autres cas, des corps soumis à l'action du soleil, quelque vive qu'elle soit, s'échauffent sans répandre de la clarté.

5°. De ce que nous observons tous les jours des corps qui excitent la sensation de la chaleur sans exciter celle de la lumière, on ne peut pas conclure qu'il n'y a pas réellement de lumière produite ; car souvent une clarté foible ne nous est pas visible, tandis qu'elle frappe vivement des yeux mieux organisés : d'où il résulte qu'il peut y avoir de la clarté, quoiqu'on ne l'aperçoive pas, surtout si le fluide qui lui donne naissance, part d'un corps lumineux en trop petite quantité.

De même la chaleur peut être tellement affoiblie dans un corps qu'elle ne nous soit pas sensible ; car il arrive souvent que nous ne sentons pas dans un temps une chaleur qui, quoique diminuée, fait dans un autre temps une impression sensible sur nos organes ; nous ne pouvons donc point assurer qu'il n'y a pas de chaleur, quoiqu'elle ne nous soit pas sensible.

En vain pour combattre cette opinion, dirait-

on que le fluide lumineux réfléchi par la lune et concentré à la faveur d'une forte lentille, n'a jamais produit de la chaleur. La lune ne réfléchit qu'une très-petite quantité du fluide lumineux que lui envoie le soleil, comme le démontre l'obscurité apparente d'une grande partie de la surface de la lune, et cette partie de fluide lumineux réfléchi par la lune s'affoiblit ensuite considérablement avant de parvenir jusqu'à nous; il n'est donc pas étonnant qu'elle ne puisse pas produire une chaleur sensible.

744. M. *Rumford* a fait sur les effets chimiques du calorique et du fluide lumineux qui nous vient du soleil, des expériences intéressantes qui semblent confirmer l'identité de ces substances.

Première expérience. Ce physicien a imprégné de dissolution d'or, de la soie blanche, de la toile de lin et de la magnésie blanche, et en exposant ensuite ces substances à l'action des rayons solaires ou à la chaleur d'une bougie allumée, elles ont pris une belle couleur pourpre; mais dans l'obscurité elle n'ont subi aucun changement; lorsqu'elles n'étoient pas humides, le calorique et le fluide lumineux y produisoient peu d'altération, mais en les humectant, l'effet avoit lieu.

Avec la dissolution d'argent les mêmes substances prenoient une nuance de jaune brun, mais elles n'acquéroient point de couleur dans l'obscurité sans chaleur.

Seconde expérience. M. *Rumford* a soumis à l'action des rayons solaires un flacon qui renfermoit des morceaux de charbon et une dissolution d'or; bientôt

l'or a été complètement réduit; la dissolution d'argent, a éprouvé une réduction semblable. De pareils flacons furent enfermés dans des cylindres de fer blanc et exposés à la chaleur de l'eau bouillante; le résultat fut le même, de manière que la chaleur de l'eau bouillante produisit un effet pareil à celui des rayons solaires.

M. Berthollet a répété ces expériences sur la dissolution d'argent, en adaptant au flacon un tube pour examiner le gaz qui pourroit se dégager, et il a obtenu dans l'une et l'autre circonstance un mélange de gaz nitreux et d'acide carbonique; il a aussi exposé à l'action des rayons solaires et à celle de l'eau bouillante, de l'acide nitrique dans lequel il avoit mis des fragmens de charbon, et il s'est également dégagé dans l'une et l'autre épreuve, du gaz nitreux et de l'acide carbonique.

Troisième expérience, M. Rumford a soumis à l'action des rayons solaires la dissolution du muriate d'or dans l'éther, et il a observé qu'elle rendoit promptement l'or à l'état métallique, tandis que cette dissolution se conservoit dans l'obscurité sans éprouver la plus légère altération; la dissolution d'or et celle d'argent, mêlées avec l'huile d'olive, exposées ensuite soit à l'action des rayons solaires, soit à celle de la chaleur, se sont également réduites.

Ces expériences nous présentent des effets pareils produits par le calorique et par le fluide lumineux, en faisant varier l'intensité d'action de l'une et l'autre de ces substances. Cependant le fluide lumineux dégage le gaz oxygène de l'acide muriatique oxygéné.

et de l'acide nitrique, et le calorique ne peut produire cet effet que lorsque les acides sont retenus par un alcali qui les met en état d'éprouver l'action d'une haute température. Tâchons de découvrir la raison de cette différence.

Dans l'acide muriatique oxigéné, le fluide lumineux ne pouvant se combiner qu'avec l'oxigène, exerce exclusivement son action sur cette substance, produit sur elle seule les effets d'une haute température, de sorte qu'elle reprend l'état aériforme comme elle l'eût fait à une température élevée.

Si l'acide muriatique oxigéné est soumis à l'action du calorique, celui-ci exerce une action égale sur tout le liquide, dont la température, en s'élevant, rend volatiles l'eau et l'acide muriatique; de sorte que le liquide passe dans la distillation sans qu'il se soit établi une différence qui puisse produire la séparation de l'oxigène; mais si l'acide muriatique est enchaîné par une base alcaline, sa température peut devenir assez considérable pour que le dégagement de l'oxigène ait lieu.

Si donc le fluide lumineux produit le dégagement du gaz oxigène de l'acide muriatique oxigéné, de l'acide nitrique, d'une plante qui végète, il faut en conclure qu'il est entré en combinaison, qu'il a fourni le calorique qui manquoit au gaz qui se dégage, et qu'en élevant sa température il a augmenté son élasticité; et si le calorique ne peut produire le même effet, c'est que dans les circonstances données il ne peut former une semblable combinaison.

§ VII,

Où l'on ramène à la théorie du calorique, des phénomènes qui d'abord paroissent la contrarier.

745. Nous avons vu dans les articles précédens que l'hypothèse du calorique se plie avec facilité à l'explication des phénomènes; il s'en faut néanmoins qu'elle soit généralement avouée; chaque jour de nouveaux physiciens se présentent pour la combattre. Les uns regardent l'existence du calorique comme insuffisante pour expliquer les phénomènes du froid, et ont recours pour cet objet à une matière frigorisique; d'autres, ayant à leur tête le célèbre *Rumford*, déposent contre l'existence du calorique; suivant eux, la chaleur n'est que l'effet d'un mouvement vibratoire excité dans les particules des corps chauds et des fluides qui les environnent.

Parmi le grand nombre d'expériences que *Rumford* a publiées sur ce sujet, nous examinerons les principales, celles surtout qui lui paroissent les plus propres à établir son opinion.

L'auteur s'occupe d'abord de rechercher quelle est la durée du refroidissement d'une quantité donnée de liquide, entre deux limites de température, et dans des circonstances semblables, sauf la nature et certaines modifications des enveloppes dont ce liquide seroit entouré.

Pour renfermer le liquide à refroidir, il fit construire en laiton mince quatre vases cylindriques à peu près semblables; ils avoient 108 millimètres (4 pouces) de diamètre sur 108 de hauteur; ils

portaient au centre de la plaque circulaire qui fermoit la section supérieure du cylindre, un goulot plus étroit de même forme, par lequel on introduisoit le thermomètre, dont le réservoir occupoit dans toute sa longueur l'axe du cylindre ; au centre de la plaque opposée étoit soudée une douille également cylindrique, et dans laquelle entroit le pied qui supportoit l'appareil, lequel se trouvoit par cette disposition offrir à l'air ambiant un libre accès à la surface presque entière du vase. Deux de ces vases numérotés 1 et 2, furent garnis dessus et dessous d'une enveloppe permanente d'édredon, fourrure, etc., renfermés dans deux boîtes cylindriques de bois, servant de fond et de couvercle ; on laissa les deux autres (3 et 4) sans couverture aux deux extrémités.

On employoit dans chaque expérience les deux appareils par paires ; l'un des vases étoit nu, et l'autre vêtu, et la première de ces dispositions servoit toujours de terme de comparaison. Un thermomètre suspendu dans l'air de la chambre indiquoit sa température pendant l'expérience ; les volets étoient fermés pour éviter toute chaleur partielle, à l'exception d'un seul qu'on ouvroit de temps en temps pour voir les degrés du thermomètre et en prendre note.

Première expérience. L'appareil n° 1, rempli d'eau chaude et laissé nu, fut mis à refroidir dans l'air tranquille, en même temps que l'appareil n° 2, revêtu d'une toile fine d'Irlande appliquée fort juste. Le premier employa 55 minutes à descendre de 94 à 84° ; le second, revêtu de toile, perdit la même

quantité de sa chaleur en 36 minutes et demie.

La différence des temps employés par les deux appareils pour perdre la même quantité de chaleur, a pour cause la différente conductricité des enveloppes; celle de toile offre sans doute un passage plus facile à l'évasion du calorique, que l'enveloppe atmosphérique.

Seconde expérience. L'auteur transporta les deux appareils refroidis à la température de 42° , dans une chambre chauffée à 62° ; il observa que l'appareil revêtu de toile acquit la chaleur beaucoup plus promptement que l'autre qui étoit nu.

L'effet produit dans cette expérience confirme l'explication de la première, savoir, que l'enveloppe de toile est meilleur conducteur du calorique que l'air.

Troisième expérience. L'auteur substitua dans le n° 2 à l'enveloppe de toile un enduit de colle; lorsqu'il fut bien sec et durci, il remplit d'eau chaude les deux appareils, et observa le refroidissement de 10 degrés. Le n° 1 y employa 55 minutes, et le n° 2, enduit d'une couche de copal, $43 \frac{1}{4}$ seulement, c'est-à-dire 7 minutes de plus qu'avec l'enveloppe de toile. Suivons un instant *Rumford* dans les raisonnemens qu'il fait sur cette expérience.

« Si l'enduit de colle, devenu la véritable surface du corps chaud, a accéléré son refroidissement en facilitant l'approche et le contact passager d'une suite de particules d'air froid contre la surface de l'enduit, comme la présence d'une seule couche de cet enduit a dû aussi bien exclure la lame d'air

présumée adhérente au métal, qu'auroient pu le faire deux ou un plus grand nombre de couches de même matière, la présence de deux couches ne devroit pas, dans ce cas, produire plus d'effet qu'une seule; mais si le refroidissement de l'appareil dans cette expérience n'étoit pas hâté par quelque influence de l'enduit sur la circulation de l'air ambiant, mais par telle circonstance qui faciliteroit et augmenteroit ces radiations, qu'on sait être produites par la présence des corps chauds, dans ce cas on peut présumer que deux couches de colle auroient plus d'effet qu'une seule. »

Ces réflexions le conduisirent à l'expérience suivante, qu'il regarde comme décisive.

<i>Instrumens.</i>	<i>Refr. de 10°</i> <i>Minutes.</i>
N° 1. Surface métallique nue.....	55 $\frac{1}{2}$
N° 2. Surface métallique enduite de deux couches de colle.....	37 $\frac{5}{8}$

Deux couches accéléroient évidemment le refroidissement; alors, après les avoir enlevées avec de l'eau chaude, on leur substitue une suite de couches de vernis transparent, ou copal, depuis une jusqu'à huit. Voici le tableau des résultats :

<i>N° des expériences.</i>	<i>Circonstances.</i>	<i>N° 2 vernis.</i> <i>Minutes.</i>	<i>N° 1 à nu.</i> <i>Minutes.</i>
N° 4.....	Une couche de vernis.	42....	55 $\frac{1}{2}$
5.....	Deux couches.....	35 $\frac{3}{4}$...	55 $\frac{1}{4}$
6.....	Quatre couches.....	30 $\frac{1}{4}$...	55 $\frac{1}{8}$
7.....	Huit couches.....	34 $\frac{1}{4}$...	55

On

On voit que l'effet accélérateur résultant de la présence des couches de vernis, a un *maximum* qui, dans ces expériences, répond à quatre couches; le liquide renfermé se refroidit alors presque la moitié plus vite que lorsque le vase n'est pas revêtu.

Rumford regarde cette expérience comme décisive contre l'hypothèse du calorique; voyons si, en supposant l'existence de ce fluide, nous ne pourrions pas en donner une explication satisfaisante. L'idée qui se présente la première, c'est que le vernis facilite l'expansion du calorique, par l'excès de sa conductricité sur celle du fluide atmosphérique, et alors chaque couche de vernis faciliteroit la déperdition du calorique, ce qui ne s'accorde pas avec les résultats de la table précédente. Mais la conductricité n'est pas la seule cause qui influe sur la plus ou moins grande déperdition du calorique dans un temps donné; la capacité des corps environnans doit aussi entrer en considération. La substance employée pour former les couches est un vernis de copal qui a beaucoup de capacité et peu de conductricité pour le calorique: en supposant, ce qui paroît conforme à l'expérience, que sa capacité est plus grande, et sa conductricité moindre que celle de l'air environnant, il est visible que, d'un côté, l'addition d'une couche de vernis doit nécessiter une plus grande perte du calorique; et que de l'autre, son peu de conductricité doit retarder l'écoulement de ce fluide; mais le premier effet l'emportant sur le second, la quantité de calorique perdue dans le même temps sera plus grande. Une

seconde, une troisième, une quatrième couche produisent le même effet. La déperdition de calorique causée par la capacité, et sa concentration produite par le défaut de conductricité, croissent ensemble, mais dans différens rapports: il y a un point où elles sont égales, c'est le *maximum* de la perte du calorique; au-delà de cette limite, l'effet produit par la seconde cause l'emporte sur celui que fait naître la première, et conséquemment de nouvelles couches ne font qu'empêcher l'écoulement du calorique.

Quatrième expérience. L'auteur prit deux ballons de verre égaux, il plaça au centre de chacun un thermomètre à mercure, dont il souda le tube au ballon; l'un de ces ballons étoit vide d'air, et l'autre ne l'étoit pas, il les plongea dans de l'eau à différentes températures; le résultat de plusieurs expériences fut:

1° Que la chaleur se communiquoit à travers le vide, mais lentement;

2° Qu'elle se communiquoit deux fois plus vite dans le ballon rempli d'air.

Loin de contrarier l'hypothèse du calorique, cette expérience semble attester l'existence de ce fluide; car si la chaleur se propage dans le vide, elle est indépendante d'un mouvement vibratoire excité dans les molécules dont les corps se composent, et conséquemment la cause qui la fait naître est une substance particulière et distincte de toute autre.

Cinquième expérience. L'auteur prend une sphère

métallique de 226 millimètres (12 pouces) de diamètre; elle est traversée par une barre métallique fixée vers le bas à de forts madriers, soudée de ce côté au globe métallique , qui a un large goulot par en haut; la barre métallique porte à son centre une double sphère qui , lorsqu'on tourne la barre, se frottent mutuellement. Si on fait tourner avec une certaine vitesse la barre métallique , la chaleur qui est produite est si considérable qu'elle fait bouillir de l'eau dont on remplit la grande sphère; cette chaleur se perpétue pendant un temps indéfini , c'est-à-dire , aussi long-temps qu'on tourne la barre de fer.

« D'où vient cette chaleur , s'écrie *Rumford* ? Il m'a toujours paru , répond-il , impossible d'expliquer les résultats de cette expérience , sans adopter la théorie très-ancienne , qui est fondée sur la supposition que la chaleur n'est autre chose qu'un mouvement vibratoire parmi les particules dont les corps sont composés. »

Lorsqu'on fait tourner la barre métallique , les deux sphères qu'elle porte à son centre se frottent mutuellement , et le frottement est d'autant plus considérable que la rotation de la barre métallique est plus rapide ; mais le frottement fait naître dans les corps frottés une diminution de volume produite par la compression , ce qui détermine un dégagement de calorique ; d'où il résulte que dans l'expérience qui nous occupe , les deux sphères que porte à son centre la barre métallique doivent laisser dégager une quantité de calorique d'autant plus

grande, 1^o que la barre tourne avec plus de vitesse; 2^o que la masse des sphères est plus considérable; car les surfaces qui se frottent ne contribuent pas seules au dégagement du calorique, mais toutes les parties des deux sphères; elles éprouvent dans tous leurs points une condensation, quoique d'une manière très-inégale, par l'effort d'expansion de la partie la plus comprimée, et qui éprouve la plus haute température sans pouvoir prendre les dimensions qui conviennent à cette température, sur les parties les moins échauffées et les plus dilatées; de sorte que les deux sphères doivent éprouver dans toutes leurs parties une condensation qui diminue depuis le lieu de la compression la plus forte jusqu'à la surface, et conséquemment le dégagement du calorique doit être d'autant plus grand, que la masse des sphères est plus considérable. Si d'ailleurs ces sphères sont métalliques, de fer, par exemple, qui a beaucoup de capacité pour le calorique, il est aisé de concevoir que le frottement mutuel peut déterminer le dégagement d'une quantité de calorique suffisante pour faire entrer en ébullition l'eau contenue dans la grande sphère. Ainsi cette expérience de *Rumford* ne sauroit contrarier la théorie du calorique.

Une expérience intéressante que *Mollet*, professeur de physique à Lyon a fait connoître, mérite de trouver ici sa place.

Un ouvrier de St.-Etienne, qui travailloit à la manufacture d'armes, observa que de l'air comprimé et dégagé avec vitesse d'un canon de fusil;

laissoit apercevoir au bout du fusil une trace de lumière. *Mollet* chercha à découvrir ce qui se passoit dans cette expérience; il mit un morceau de chiffon dans la culasse d'un fusil à vent, et il vit qu'en comprimant l'air le chiffon s'enflammoit. *Nicholson* rapporte qu'une expérience semblable avoit déjà été faite en Angleterre par *Fletcher*.

Il est visible que dans cette expérience et dans toutes les expériences semblables, la compression de l'air nécessite le dégagement du calorique, la température s'élève, et peut devenir suffisante pour déterminer l'inflammation du chiffon.

CHAPITRE II.

De l'influence du calorique sur la formation des corps solides, liquides et aériformes.

746. **EN** s'accumulant dans les corps, le calorique en écarte les molécules; et lorsqu'il les pénètre jusqu'à un certain point, il leur communique des propriétés toutes nouvelles, telles que la liquidité et la fluidité aériforme. La nature nous offre sans cesse des preuves frappantes de cette vérité; mais, pour ne pas multiplier les exemples, bornons-nous à celui que nous offre l'eau dans son passage de l'état de glace à celui de liquide: cette espèce de métamorphose a toujours pour cause l'absorption d'une certaine quantité de calorique. Communiquez une nouvelle dose de calorique, l'eau éprouvera

une nouvelle transformation ; elle perdra la liquidité pour acquérir la fluidité aériforme.

De l'eau liquide n'est donc autre chose qu'un composé d'eau solide et d'une dose déterminée de calorique ; et de l'eau en vapeur est la même combinaison avec une plus grande quantité de calorique. Cette propriété de l'eau appartient à tous les corps de la nature : ils sont tous susceptibles de passer par ces différens états, à l'aide d'une quantité suffisante de calorique ; et s'il existe des corps, tels que le diamant et le cristal de roche, qui aient paru d'abord se refuser à ce passage, cherchons-en la cause dans l'impuissance où nous étions de fournir la quantité de calorique nécessaire à la volatilisation de ces substances.

747. Telle est la théorie de la formation des fluides aériformes. Ils sont tous composés de calorique et d'une substance avec laquelle le calorique est combiné, et que nous nommons la *base*. Les fluides aériformes doivent donc porter deux noms, l'un qui exprime leur combinaison aériforme avec le calorique, tel est le mot générique d'air ou de gaz : et le second spécifique, qui désigne la base de chaque gaz.

748. Puisque le calorique dilate tous les corps en écartant leurs molécules, nous pouvons considérer son effet sur ces mêmes molécules, comme celui d'une force répulsive opposée à la force de cohésion qui tend sans cesse à les réunir.

Pour mieux suivre le jeu de l'action de ces forces dans la formation des corps tels qu'ils se trouvent

dans l'état naturel, c'est-à-dire, à la température et à la pression habituelle qu'ils éprouvent, supposons d'abord tous les corps de la nature entièrement dépouillés de calorique. L'abandon de ce fluide est marqué par le rapprochement de leurs molécules intégrantes; toutes cèdent à la force d'attraction qui les maîtrise; les substances gazeuses perdent la fluidité aériforme, les liquides la liquidité; tous les corps, en un mot, ne présentent aux yeux du physicien qu'un amas de molécules qui se trouvent en contact immédiat. Faisons reparaitre le calorique; supposons tous les corps plongés de nouveau dans un bain de ce fluide, et calculons, s'il est possible, les effets qui doivent résulter de sa présence.

749. 1°. Il est clair, d'après les principes établis dans un des chapitres précédens, que tous les corps prendront une portion de calorique, proportionnelle d'abord à leur attraction pour ce fluide, et ensuite à la capacité qu'ils auront pour le contenir: d'où il résulte que ceux même qui auront même masse, s'ils sont de différente espèce, n'en prendront pas également.

750. 2°. Le calorique se combinera, suivant les lois de l'attraction, avec les molécules intégrantes des corps, et leur communiquera une force répulsive opposée à la force de cohésion. Mais à mesure que cette combinaison s'effectuera, l'attraction des molécules pour le calorique souffrira une diminution telle, que lorsque cette attraction sera parvenue à son terme de saturation, les molécules ne pourront plus admettre entr'elles que du calorique

libre, tout prêt à s'échapper par le contact des corps dont l'attraction pour le calorique ne sera pas satisfaite.

751. 3°. La force répulsive que fera naître le calorique combiné sera différente dans ces différens corps ; mais dans tous, dans ceux même où elle sera la plus petite possible, l'écartement des molécules intégrantes aura lieu ; car lorsque tous les corps étoient entièrement privés de calorique, leurs molécules intégrantes se touchoient immédiatement ; la force attractive étoit parvenue à son terme de saturation ; la moindre force répulsive est donc suffisante pour la vaincre, et conséquemment pour produire l'écartement des molécules. Mais bientôt après la force d'attraction augmente, et si cette augmentation est telle, que la force d'attraction parvienne à égaler la force répulsive, c'est le point où s'établit l'équilibre entre ces deux forces, qui marque le terme de l'écartement des molécules, qui détermine l'état permanent de solidité ou de liquidité des corps à la température et à la pression habituelle qu'ils éprouvent. Mais si la force d'attraction ne parvient pas à égaler la force répulsive, les molécules des corps, cédant à l'impulsion de cette dernière force, souffrent un écartement progressif, qui les fait bientôt sortir de la sphère d'activité où s'exerce la force de cohésion, et alors les corps acquièrent la fluidité aériforme.

752. La plupart des physiciens expliquent d'une manière différente la formation des corps solides, liquides et aériformes. Les corps, disent-ils, con-

servent l'état de solidité tant que la force attractive des molécules l'emporte sur la force répulsive communiquée par le calorique ; ils passent à l'état de liquidité au moment où la force attractive égale la force répulsive ; ils acquièrent enfin la fluidité aériforme lorsque la force répulsive l'emporte sur la force attractive. Mais si , dans les corps solides , la force attractive domine sur la force répulsive , pourquoi leurs molécules intégrantes ne cèdent-elles pas à l'impulsion de cette force ? pourquoi ne se rapprochent-elles pas jusqu'à ce qu'elles soient en contact immédiat ? La fluidité aériforme est due , il est vrai , à la supériorité de la force répulsive sur la force attractive , quoique les molécules ne souffrent pas un écartement indéfini. Mais nous verrons bientôt que la pression de l'atmosphère , de concert avec la pesanteur de ces fluides , balance l'excès de la force répulsive sur la force attractive , et détermine la limite de l'écartement des molécules. Cela n'a point lieu pour les corps solides. Il n'existe aucune force extérieure qui puisse balancer l'excès de la force attractive sur la force répulsive , et qui conséquemment puisse s'opposer au rapprochement des molécules , tant que la force attractive sera victorieuse.

753. Quoi qu'il en soit de ces différentes manières d'expliquer la formation des solides , des liquides et des fluides aériformes , il n'en est pas moins vrai que ces trois états des corps sont l'effet du calorique qui s'unit à leurs molécules intégrantes plus ou moins étroitement , et en plus ou

moins grande quantité, suivant leur plus ou moins grande capacité pour le contenir.

Dans le passage des solides à l'état de liquidité, il se présente un phénomène qui est l'application d'un principe que nous n'avons fait qu'énoncer : il mérite de fixer un instant notre attention. Ce phénomène consiste en ce que les nouvelles quantités de calorique qui surviennent depuis le moment où commence la liquidité, sont absorbées par le corps à mesure qu'il les reçoit, et sont uniquement employées à fondre de nouvelles couches ; de sorte qu'un thermomètre placé dans la glace qui commence à devenir liquide, reste stationnaire au degré zéro, jusqu'à ce que cette glace soit entièrement fondue.

754. Le même phénomène se présente avec les mêmes circonstances dans le passage des liquides à l'état aériforme. Pendant tout le temps qu'un liquide passe à l'état aériforme, les nouvelles quantités de calorique qu'il reçoit sont uniquement employées à convertir de nouvelles couches en fluide élastique ; de sorte que la température de l'eau, par exemple, se maintient constamment, dans le cas dont il s'agit, à 100 degrés (échelle centigrade).

755. En supposant que les corps ne fussent soumis qu'à la force attractive et à la force répulsive communiquée par le calorique, ils ne seroient liquides que pendant un instant indivisible ; au moment même que la force répulsive l'emporteroit sur la force attractive des molécules intégrantes, les corps passeroient brusquement à l'état aériforme.

L'eau, par exemple, commenceroit à bouillir au moment même qu'elle cesse d'être glace ; elle se transformeroit subitement en un fluide aériforme, et ses molécules souffriroient un écartement indéfini. Une troisième force, la pression de l'atmosphère, s'oppose à cet écartement ; aussi l'eau conserve-t-elle la liquidité depuis 0 jusqu'à 100 degrés du thermomètre décimal. La quantité de calorique qu'elle absorbe dans cet intervalle, n'est pas suffisante pour vaincre la résistance qu'oppose à sa vaporisation la pression de l'atmosphère. Sans la pression de l'atmosphère nous n'aurions donc pas de liquide constant ; nous ne verrions les corps dans cet état qu'au moment précis où ils se fondent ; la plus légère augmentation de calorique en écarteroit sur-le-champ les molécules, qui iroient se perdre dans l'immensité de l'espace. L'expérience suivante vient à l'appui de cette vérité.

Expérience. On remplit d'éther (1) un petit vase de verre d'un diamètre de 27 à 30 millimètres (environ un pouce), et d'environ 54 millimètres (2 pouces) de hauteur. On couvre le vase avec une vessie humectée, assujétie au col du vase par un grand nombre de tours de gros fil bien serrés. Pour plus grande sûreté, on remet une seconde vessie par-dessus la première, et on l'assujétit de la même manière. Il faut que le vase soit tout-à-

(1) L'éther est une liqueur inflammable, très-volatile, d'une pesanteur spécifique, beaucoup moindre que l'eau et même que l'alcool.

fait rempli d'éther, afin qu'il ne reste aucune portion d'air entre la liqueur et la vessie. On le place ensuite sous le récipient de la machine pneumatique dont le haut est garni d'une boîte à cuir, traversée par une tige dont l'extrémité se termine en une pointe très-aiguë : à ce même récipient, on adapte un baromètre, et pour rendre l'expérience plus complète, on introduit un petit thermomètre dans le vase qui contient l'éther. Tout étant ainsi disposé, on fait le vide dans le récipient ; puis en faisant descendre la tige on crève la vessie.

L'éther commence aussitôt à bouillir avec une étonnante activité : on le voit se vaporiser et se transformer en un fluide aériforme qui occupe bientôt tout le récipient. Si la quantité d'éther est assez considérable pour que, la vaporisation finie, il en reste encore quelques gouttes dans le vase, le fluide aériforme produit par la vaporisation de l'éther, soutient le mercure du baromètre adapté à la machine pneumatique à environ 27 centimètres (10 pouces) pendant l'hiver, et à 64 centimètres (environ 24 pouces) pendant les ardeurs de l'été.

Avant de faire le vide dans le récipient, l'air atmosphérique pesoit sur la surface de l'éther, et opposoit à sa vaporisation un obstacle insurmontable. En faisant le vide, on a supprimé le poids de l'atmosphère : on a donc levé l'obstacle qui empêchoit la volatilisation de l'éther, et ce fluide cédant à l'impulsion de la force répulsive du calorique qui l'emporte sur la force attractive de ses molécules, s'est transformé subitement en un fluide aériforme.

doué d'une élasticité suffisante pour soutenir le mercure du baromètre à une certaine hauteur.

756. L'éther qui est liquide au degré de température dans lequel nous vivons, seroit constamment à l'état aériforme sans la pression de l'atmosphère. Je dis plus, si la pesanteur de notre atmosphère n'équivaloit qu'à 36 ou 40 centimètres de mercure, au lieu de 76 (28 pouces), nous ne pourrions obtenir l'éther dans l'état liquide, au moins pendant les ardeurs de l'été : il n'est donc pas surprenant que sur les montagnes élevées, où la pression de l'atmosphère est beaucoup moins considérable, on ne puisse conserver l'éther liquide. Pour l'y conserver dans cet état, il faut employer des ballons très-forts pour le condenser, et joindre le refroidissement à la pression. Sans cette double précaution, l'éther passe subitement à l'état aériforme, parce que la pression de l'atmosphère n'oppose pas un obstacle assez puissant à sa volatilisation.

757. C'est un fait généralement reconnu que le sang a un degré de chaleur à peu près égal à celui où l'éther passe de l'état liquide à l'état aériforme. L'éther doit donc se vaporiser dans les premières voies, et c'est probablement à sa vaporisation qu'on doit les effets merveilleux auxquels ce remède donne naissance.

758. Le succès de l'expérience est le même, si à la place de l'éther on emploie l'alcool, l'eau, le mercure, etc. Il y a cependant cette différence, que la quantité du fluide vaporisé est moindre lorsqu'on opère avec l'alcool, que lorsqu'on opère avec

l'éther, moins encore avec l'eau, et surtout avec le mercure. Cette différence a pour cause le différent degré de volatilité de ces fluides.

759. Tous ces faits, dont il seroit facile de multiplier les exemples, si ceux que nous avons cités n'étoient déjà suffisans pour compléter la conviction, nous conduisent à conclure que tous les corps de la nature sont susceptibles d'exister dans trois états différens; dans l'état de solidité, dans l'état de liquidité et dans l'état aériforme, et que ces trois états du même corps dépendent de la quantité de calorique qui lui est combinée.

760. Parmi les fluides aériformes connus, les uns sont *permanens*, les autres *non-permanens*; les premiers sont ceux avec lesquels le calorique a contracté une union intime; ils conservent leur fluidité aériforme, à quelque température qu'on les élève; c'est pourquoi on les appelle *permanens*. Les fluides aériformes *non-permanens* sont ceux avec lesquels le calorique n'est uni que foiblement; ils perdent leur fluidité aériforme lorsqu'ils sont très-comprimés, ou qu'ils se trouvent en contact avec des corps auxquels ils sont forcés de céder une partie de leur calorique. Telle est l'eau réduite à l'état de vapeur.

761. Mais comment extraire les fluides aériformes? comment les recueillir dans le moment qu'ils se dégagent? comment les faire passer d'un vaisseau dans un autre? Telles sont les questions qu'il me paroît utile de résoudre.

1°. Pour recueillir les fluides aériformes dans le

moment qu'ils se dégagent, on a imaginé un appareil connu sous le nom d'*appareil pneumato-chimique*; il consiste en une caisse ou cuve de bois plus ou moins grande, doublée de plomb lamié ou de feuilles de cuivre étamé.

On distingue dans tout appareil de cette espèce la tablette et le fond de la cuve. L'intervalle qui se trouve entre ces deux plans est la cuve proprement dite. C'est dans cette partie creuse qu'on remplit les cloches; on les retourne ensuite, et on les pose sur la tablette, de manière qu'elles correspondent à un petit trou que la tablette présente dans le milieu. Ce trou est pratiqué au milieu d'une excavation en forme d'entonnoir, qu'on fait à la surface inférieure de la tablette.

La cuve doit être remplie de manière que la tablette soit toujours couverte de 27 millimètres (un pouce) d'eau; elle doit avoir assez de largeur et de profondeur, pour qu'il y en ait au moins 324 millimètres (un pied) en tout sens entre la tablette et le fond de la cuve. Cette quantité suffit pour les expériences ordinaires; mais il est des circonstances où il est indispensable de se donner un plus grand espace.

Les vaisseaux dont on se sert pour recevoir et pour contenir les fluides aériformes, sont des cloches de cristal; pour les transporter d'un appareil à l'autre, on se sert de plateaux garnis d'un rebord et de deux anses pour en faciliter le transport.

Lorsque les fluides aériformes que l'on veut recueillir sont susceptibles d'être absorbés par l'eau,

on se sert de l'appareil au mercure ; il est construit comme le précédent , et on opère dans le mercure avec cet appareil exactement comme dans l'eau. Nous observerons seulement que le bois étant perméable au mercure , il est à craindre , si on s'en sert pour matière de la cuve , que les assemblages se déjoignent , ou que le mercure s'échappe par des gerçures. On a l'inquiétude de la cassure , si l'on emploie le verre , la faïence ou la porcelaine pour la construction de la cuve. Après avoir essayé différentes matières , on s'est arrêté définitivement au marbre , qui n'offre aucun des inconvéniens attachés aux autres substances dont nous venons de parler.

2°. On extrait les gaz par le moyen du feu ou par le moyen des acides.

Lorsqu'on les dégage par le moyen du feu , on adapte à l'orifice de la cornue un tube recourbé , dont l'extrémité plonge dans l'eau de la cuve pneumatique , sous une cloche remplie du même fluide.

Si on dégage le gaz par le moyen des acides , on met le mélange qui doit les fournir dans un flacon à bec recourbé , et on fait plonger le bec dans la cuve , sous une cloche pleine d'eau ou de mercure , suivant que la cuve est pleine de l'un ou de l'autre de ces fluides.

3°. Pour faire passer les gaz d'un vaisseau dans un autre , il faut , 1°. que celui-ci soit plein d'eau ou de tout autre fluide plus pesant que l'air ; 2°. que l'ouverture de ce vaisseau soit renversée et couvre
le

le trou de la tablette de la cuve pneumato-chimique. Les choses ainsi disposées, on renverse pareillement le vaisseau qui contient le fluide aériforme, et on le fait descendre verticalement dans l'eau de la cuve, en supposant que ce vaisseau soit bouché comme un flacon; puis on le débouche dans l'eau et on l'incline de manière que son gouleau soit engagé sous l'excavation de la tablette: le gaz ne tarde pas à s'échapper du flacon et à passer dans le vaisseau destiné à le recevoir. Il s'y élève sous la forme de bulles, qui vont crever au haut de ce vaisseau et chasser à proportion le liquide dont il est rempli.

Si le vaisseau qui renferme le gaz est une cloche de cristal ouverte par le bas de toute l'étendue de son diamètre, qui soit en réserve dans un grand plateau plein d'eau, on doit apporter la cloche et le plateau dans l'eau de la cuve, les y plonger verticalement et enlever ensuite le plateau. On incline ensuite la cloche, de manière que son ouverture corresponde à l'excavation de la tablette. Le gaz s'en échappe promptement pour aller remplir le vaisseau qui doit le recevoir.

De quelque manière qu'on fasse cette opération, il est aisé de sentir la nécessité de l'excavation faite au-dessous de la tablette; elle est destinée à retenir le gaz qui s'échappe de la cloche, et à diriger sa marche vers celle qui doit le recevoir. Sans cette excavation, le gaz qui s'échappe de la cloche se distribueroit dans toute l'étendue de la cuve, loin de se porter au lieu de sa destination.

LIVRE V.

De la Porosité, de la Compressibilité et de l'Élasticité.

CHAPITRE PREMIER.

De la Porosité.

762. LE froid absolu n'existe pas dans la nature, n° 695 : les molécules d'aucun corps ne sont donc pas rapprochées au point de se toucher immédiatement, et conséquemment elles admettent toutes entr'elles des intervalles vides de leur propre substance, ce qui constitue la *porosité*.

763. C'est ainsi que les vérités s'enchaînent, que la découverte d'une des propriétés du calorique nous conduit à démontrer la porosité des corps d'une manière plus simple et plus générale que ne l'ont fait jusqu'ici les physiciens.

764. La porosité n'est pas une propriété essentielle aux corps, elle les accompagne exclusivement dans certaines circonstances, c'est-à-dire, lorsque le calorique les pénètre ; et comme le calorique se trouve en plus ou moins grande quantité dans les corps, suivant leur plus ou moins d'attraction pour ce fluide, suivant leur plus ou moins de capacité pour le contenir, il s'ensuit que la porosité est une

propriété accidentelle et variable, qu'on peut à volonté augmenter ou diminuer par une addition ou par une soustraction de calorique, et dont il seroit absolument possible de dépouiller entièrement les corps sans détruire leur existence.

765. La quantité de matière propre d'un corps est en raison inverse de sa porosité : d'où il résulte qu'on peut, par le poids, connoître le rapport de la porosité d'un corps à celle d'un autre corps. Pour apprécier la porosité absolue, il faudroit avoir un corps qui n'eût absolument aucun pore ; si ce corps pesoit 4 grammes, et qu'un autre corps ayant le même volume, pesât 2 gram., ce dernier corps seroit composé moitié d'étendue solide et moitié d'étendue poreuse. De cette manière, on pourroit savoir au juste quelle est la quantité de matière ou de pores qui se trouve dans un corps. Mais nous ne connoissons aucun corps de cette espèce ; il ne peut même en exister dans la nature, qui seroit alors sans mouvement et sans vie.

766. L'expérience confirme cette vérité. A la faveur de la machine pneumatique on fait passer du mercure à travers une peau de buffle, et de l'eau à travers le fond d'un godet de bois, soudé à l'extrémité supérieure d'un tube de verre dans lequel on fait le vide. Une lame d'or ou de platine, bien mince et bien battue, présente un grand nombre de pores aux regards de l'observateur qui la considère à l'aide du microscope, et cependant l'or et le platine sont les plus compacts de tous les corps connus.

A ces expériences nous en joindrons une autre d'autant plus intéressante, qu'elle présente en même temps un exemple de la porosité des corps, et une preuve non équivoque que les pores ne sont pas absolument vides de toutes matières étrangères, mais plutôt occupés par l'air ou par quelque autre fluide subtil interposé entre les molécules des corps.

On prend une pierre du genre de celles que l'on nomme agate, qui sont demi-transparentes, et assez dures pour étinceler par le choc du briquet : elle porte le nom d'*hydrophane*. Après l'avoir pesée, on la plonge dans l'eau, et on voit s'élever de sa surface des files nombreuses de petites bulles d'air, qui se succèdent sans interruption. On la retire de l'eau, on la pèse de nouveau, et on trouve que son poids est augmenté d'une quantité sensible. Cette expérience nous présente deux phénomènes différens ; l'évasion d'une grande quantité de bulles d'air, et l'augmentation en poids de la pierre par son immersion dans l'eau. Ils ont pour cause l'expulsion de l'air qui occupoit les pores de la pierre par l'eau qui le remplace, et dont la pesanteur spécifique surpasse de beaucoup celle du fluide aériforme.

767. C'est par les pores de la coque que les œufs, sitôt après avoir été pondus, commencent à se vider, et cessent d'être ce qu'on appelle frais. Pour les empêcher de rien perdre, on bouche leurs pores aussitôt qu'ils sont pondus, en les plongeant dans de l'huile d'olive ; on les essuie ensuite, afin qu'il n'en reste qu'une couche très-mince, crainte que la pres-

sion de l'air n'en fasse entrer dans les œufs quelques gouttes qui, en rancissant, leur donneroient un mauvais goût. Les œufs préparés de cette manière, conservent leur bonté et leur fraîcheur pendant plusieurs années, s'ils n'ont point été fécondés; s'ils l'ont été, ils la perdent dans l'intervalle de deux mois, parce que le principe fécondant y excite une certaine fermentation.

768. C'est par les pores du bois que l'humidité pénètre les ouvrages de menuiserie pour en augmenter les dimensions : de là vient qu'une fenêtre qui s'ouvre aisément dans un temps, se trouve trop large dans un autre; qu'un tonneau entr'ouvert se raccommode par son séjour dans l'eau, etc. On peut prévenir ces inconvéniens en enduisant, de part et d'autre, les bois de menuiserie de peinture à l'huile, ou d'un vernis qui, n'ayant que peu ou point d'attraction pour l'eau, conserve au bois les mêmes dimensions, en rendant ses pores inaccessibles à l'humidité de l'atmosphère.

769. C'est enfin par les pores de notre peau que nous perdons, selon de fidèles observateurs, les cinq huitièmes de ce que nous prenons pour notre nourriture. M. Séguin a fait sur cet objet une suite d'expériences dont il importe d'offrir quelques résultats à nos lecteurs.

1°. Quelle que soit la quantité d'alimens que l'on prenne, on revient par la transpiration insensible, au même poids après 24 heures, si l'on est adulte, et dans le cas où l'on digère bien.

2°. Si les quantités d'alimens varient, ou que les

transpirations différent, la quantité d'excrémens compense ; et tous les jours , à la même heure, on revient à peu près au même poids.

3°. Une mauvaise digestion diminue la transpiration, et tant qu'elle dure, on augmente de poids chaque jour.

4°. Immédiatement après le diner, la transpiration, est à son *minimum*, parce que le calorique demeurant pour commencer la digestion, passe en moindre quantité dans l'air environnant, qui dissout alors moins d'humour transpirable : de là vient que quand on se porte bien, on éprouve après le diner, une légère sensation du froid.

5°. Pendant la digestion, la transpiration insensible est à son *maximum*. Cette perte, excédant celle que l'on fait chaque jour, est de 122 milligrammes (2,3 grains) par minute, de 7324 milligrammes (158 grains) par heure.

6°. Dans les circonstances les plus favorables, la transpiration insensible la plus considérable est, par un terme moyen, de 1698,42365 milligrammes (32 grains) par minute, ou 2445730,057 milligrammes (5 livres) par jour.

7°. Dans les circonstances les moins favorables, la transpiration insensible la moins considérable, supposant une bonne digestion, est, par un terme moyen, de 583,833 milligrammes (11 grains) par minute, ou de 840719,707 milligrammes (1 livre 11 onces 4 gros) par jour.

8°. Immédiatement après le repas, dans les cas défavorables, la transpiration est de 435,221 milligr.

(8,2 grains) par minute , et dans les cas favorables , de 482,989 milligrammes (9,1 grains.)

Tous ces résultats n'ont pour objet que la transpiration considérée d'une manière générale. M. Séguin distingue la transpiration cutanée de la transpiration pulmonaire ; il les étudie séparément, et il fait sur ces deux sortes de transpirations des expériences intéressantes, qui le conduisent à les apprécier avec exactitude. Nous regrettons que les bornes prescrites à un ouvrage de cette nature, nous forcent de les passer sous silence.

CHAPITRE II.

De la Compressibilité.

770. LES molécules de tous les corps sont écartées les unes des autres par l'impulsion du calorique : il est donc possible de les rapprocher. Ce rapprochement peut se faire ou en faisant évanouir la cause de leur éloignement, c'est-à-dire, par une soustraction de calorique, et alors on l'appelle *condensation* ; ou à la faveur d'une pression capable de vaincre la force répulsive que les molécules des corps ont reçue du calorique, alors on la nomme *compression* ; et la propriété qu'ont les molécules des corps de se rapprocher ainsi, s'appelle *compressibilité*.

771. La compressibilité appartient donc, ainsi que la porosité, à tous les corps de la nature. Ces deux propriétés semblent marcher ensemble sur des lignes

parallèles; elles sont accidentelles et variables, et leur degré d'intensité dépend de la quantité de calorique dont les corps sont pénétrés.

772. L'extrême compressibilité des fluides aéri-formes donne naissance à un grand nombre de phénomènes qui fixeront bientôt notre attention; celle des solides ne se manifeste pas d'une manière aussi sensible. Elle existe néanmoins, et les preuves qui attestent son existence ne sauroient paroître équivoques.

Un coup de marteau fortement frappé contre une substance métallique quelconque, y laisse une impression assez profonde qui annonce un rapprochement des molécules dans l'endroit où s'est faite la percussion. Une boule de marbre, d'ivoire ou d'acier, tombant sur un plan d'une certaine hauteur, se réfléchit, et ce mouvement de réflexion suppose la compressibilité.

Nous ne pouvons pas produire en faveur de la compressibilité des liquides, des témoignages aussi frappans que ceux qui démontrent la compressibilité des corps solides; il paroît même que les liquides jouissent d'une sorte d'incompressibilité, puisqu'ils résistent victorieusement aux moyens que nous employons pour effectuer leur compression. C'est à cette vive résistance que nous devons le vin, le cidre, les huiles, en un mot, tous les liquides que nous tirons par expression des végétaux. Si la compressibilité des liquides égaloit seulement celle des solides qui les renferment, il seroit impossible de déterminer leur séparation.

CHAPITRE III.*De l'Élasticité.*

773. L'ÉLASTICITÉ est une propriété en vertu de laquelle certains corps comprimés par une force quelconque, reprennent d'eux-mêmes, lorsque cette force cesse d'agir, les dimensions et la figure qu'ils avoient avant la compression.

774. L'élasticité est parfaite, lorsque le corps reprend l'état qu'il avoit avant la compression, dans un temps égal à celui qu'il a fallu pour le lui faire perdre ; mais cette espèce de perfection ne se rencontre jamais dans la nature. Parmi les corps connus, la lumière et les fluides aériformes sont ceux dont l'élasticité approche le plus de l'élasticité parfaite. Elle est moindre dans les corps durs, tels que l'acier, l'ivoire, etc. ; elle diminue ensuite très-sensiblement dans les liquides. Enfin elle est presque nulle dans les corps mous, tels que le beurre, la terre glaise humide, etc.

775. Dans la plupart des corps élastiques, le ressort s'affoiblit par l'usage ou par une compression trop long-temps continuée. Un arc qui a été trop long-temps tendu, garde enfin une portion de la courbure que la compression lui a fait prendre. Le crin, la plume, la laine, qui servent continuellement à nos usages, perdent à la longue leur précieux ressort, qu'on a trouvé heureusement le moyen de leur rendre par de faciles procédés.

776. Si certains corps perdent leur élasticité, il en est d'autres à qui il est facile de communiquer cette propriété. On augmente l'élasticité des métaux, 1°. en les battant à froid; 2°. à la faveur de l'alliage. Le mélange de deux métaux est plus dur, plus roide, plus élastique que les métaux simples qui entrent dans sa composition. La trempe qui consiste à échauffer fortement l'acier et à le refroidir ensuite subitement en le plongeant dans l'eau froide, donne plus d'activité et d'énergie à l'élasticité de ce métal, si féconde en services précieux à l'humanité; c'est de cette élasticité que reçoivent leur force, les ressorts qui animent les montres, les serrures, et un grand nombre d'autres machines qui servent habituellement à nos usages. C'est elle qui donne l'impulsion à ces lames flexibles qui, en adoucissant le mouvement des voitures, épargnent au voyageur le désagrément des secousses.

777. L'élasticité doit donc être regardée comme une propriété variable qui caractérise certains corps, et qui, conséquemment, n'est pas essentielle à la matière.

Lucrèce, Daniel Bernoulli, Lesage et plusieurs autres physiciens, se sont occupés du phénomène de l'élasticité; mais toutes leurs recherches se sont bornées à expliquer d'une manière vague l'élasticité des fluides aériformes. Les uns la faisoient dépendre d'une agitation continuelle de leurs molécules intégrantes, sans assigner aucune cause qui produise cette agitation; les autres admettoient, pour expliquer ce phénomène, une force répulsive, inhérente aux

molécules des fluides aériformes. Quelques-uns, enfin, ne pouvant se résoudre à admettre dans les molécules de la matière, deux forces diamétralement opposées, ont eu recours, pour produire l'agitation des fluides élastiques, à un fluide discret répandu dans tout l'univers, dont chaque particule, excessivement petite, se meut avec une prodigieuse activité en ligne droite, et dont les courans, arrivant de tous les points de l'espace, se croisent dans tous les sens. Ce système, connu sous le nom de *système des corpuscules ultra-mondains*, est fondé, comme tous les systèmes, sur des bases imaginaires, et est bien loin d'offrir une explication satisfaisante des phénomènes de l'élasticité.

Nous allons donner une explication nouvelle du phénomène de l'élasticité; nous l'appuierons sur des faits, et nous la confirmerons par le calcul.

Premier principe.

778. Des signes d'élasticité supposent une compression effectuée, c'est-à-dire une altération dans la figure des corps, produite par le rapprochement des molécules : d'où il résulte que les corps dont les molécules cèdent avec une très-grande facilité à la plus légère pression, de manière à rouler les unes sur les autres sans altérer leur figure, ne peuvent donner des signes sensibles d'élasticité. Tels sont en général les liquides.

Deuxième principe.

779. Lorsque l'on comprime un corps élastique,

quelques-unes de ses molécules intégrantes sont rapprochées; d'autres souffrent un écartement à peu près égal au rapprochement des premières.

Troisième principe.

780. Au degré habituel de chaleur et de pression que nous éprouvons, tous les corps ont un volume déterminé par le rapport d'égalité qui existe entre la force attractive de leurs molécules et la force répulsive communiquée par le calorique combiné avec ces mêmes molécules, n° 751.

781. Cela posé, le rétablissement des corps solides, après la compression, paroît être le résultat de l'action combinée du calorique et de la gravitation. Car lorsque l'on comprime un corps élastique, plusieurs de ses molécules intégrantes sont rapprochées, d'autres souffrent un écartement égal au rapprochement des premières. Dans les molécules rapprochées, la force répulsive augmente; la force attractive augmente aussi, mais l'accroissement de la première force l'emporte sur celui de la seconde. Car à l'époque de la formation du corps tel qu'il est avant la compression, la force répulsive communiquée à ses molécules par le calorique, a suffi pour leur donner le degré d'écartement qui les distingue : elle étoit donc supérieure à la force attractive, jusqu'au moment où les molécules ont acquis le degré d'écartement qu'elles ont dans l'état naturel du corps : d'où il résulte que si on rapproche les molécules par la compression, si on les resserre avec le calorique dans un plus petit espace, le rap-

port d'égalité qui existoit avant la compression entre la force attractive et la force répulsive, doit être détruit en faveur de la force répulsive; et que conséquemment la compression cessant, elle doit agir et écarter les molécules rapprochées par la compression, jusqu'à ce que l'équilibre se rétablisse entre la force attractive et la force répulsive; et cet équilibre ne peut se rétablir que lorsque les molécules auront recouvré le degré d'écartement qu'elles avoient avant la compression. Par des raisons semblables, la force attractive domine sur la force répulsive dans les molécules qui ont souffert un écartement: elle doit donc agir pour rapprocher les molécules et rétablir l'équilibre de ces forces; et cet équilibre ne peut se rétablir que lorsque l'écartement des molécules sera tel qu'il étoit avant la compression.

782. Des exemples répandront quelque clarté sur cette explication. Je laisse tomber sur un plan une boule d'ivoire; le diamètre perpendiculaire au plan diminue; les molécules intégrantes, dans le sens de ce diamètre, se rapprochent: le diamètre horizontal augmente; les molécules, dans le sens de ce diamètre, s'écartent. Les molécules de la boule avoient, avant la compression, un écartement déterminé par un certain rapport entre leur force attractive et leur force répulsive, communiquée par le calorique. Ce rapport est détruit par la compression. Leur force répulsive est devenue relativement plus grande dans les molécules qui ont été rapprochées, et la force attractive est supérieure dans les molécules qui ont été écartées: les molécules rapprochées

doivent donc s'écarter, et les molécules écartées se rapprocher pour rétablir le rapport qui existoit avant cette compression : d'où il résulte que, la compression cessant, la boule doit reprendre l'état que la compression lui a fait perdre.

783. Lorsqu'on ploie une lame d'acier, il y a rapprochement des molécules dans la partie intérieure, et écartement des molécules dans la partie extérieure de l'arc qu'on fait décrire à cette lame : le calorique combiné avec les molécules qui composent la partie intérieure de l'arc, se trouve donc resserré dans un plus petit espace, tandis que celui qui est combiné avec les molécules qui composent la partie extérieure de l'arc, occupe plus d'espace : la force répulsive communiquée par le calorique, doit donc dominer sur la force attractive dans les molécules qui composent l'arc intérieur, et faire effort pour les écarter jusqu'à ce que l'équilibre se rétablisse ; tandis que la force attractive qui domine dans les molécules qui composent l'arc extérieur, agit pour rapprocher ces mêmes molécules : et comment concevoir que l'écartement des molécules dans l'arc intérieur, et le rapprochement des molécules dans l'arc extérieur, puissent s'effectuer sans que la lame reprenne son premier état ?

784. Plus on bat les métaux, plus ils deviennent élastiques. En battant les métaux, on rapproche leurs molécules intégrantes ; on les réduit, ainsi que le calorique combiné avec elles, à occuper un plus petit espace ; des percussions répétées font donc croître la force répulsive en plus grande raison que

la force attractive; et conséquemment l'élasticité des métaux doit augmenter par la percussion.

785. L'acier trempé est plus dur et plus élastique que l'acier non trempé : d'où il résulte que le refroidissement augmente son élasticité.

Ce phénomène semble d'abord contrarier notre explication de l'élasticité des corps solides; mais un instant de réflexion suffit pour faire évanouir cette apparente contrariété.

Lorsqu'on plonge dans l'eau un barreau d'acier incandescent, il y a un dégagement de gaz hydrogène; la surface du barreau passe à l'état d'oxide; et c'est probablement à ce passage que sont dues, en partie, la dureté et l'élasticité que l'acier acquiert par la trempe. Ce qui paroît justifier cette conjecture, c'est que, d'après les expériences de Lavoisier, l'acier acquiert plus de dureté et d'élasticité, lorsqu'étant faiblement chauffé, on le plonge dans un liquide, tel que l'acide nitrique qui favorise par lui-même son oxidation. En un mot, dans l'opération de la trempe, l'eau se décompose; son oxygène se combine avec l'acier; son effet n'est d'abord sensible qu'à la surface qui durcit seule, tandis que l'intérieur conserve sa ductilité. Mais à la faveur d'une chaleur modérée, l'oxygène, fixé d'abord à la surface, se répartit bientôt également dans toute la masse du barreau : il se fait donc dans l'opération de la trempe une composition nouvelle, qui doit nécessairement faire naître de nouvelles propriétés. Le nouveau composé peut très-bien, par l'attraction qui lui est propre, fixer une plus grande quantité de calorique :

d'où doit résulter pour ses molécules intégrantes plus de force répulsive, et conséquemment plus d'élasticité.

Le refroidissement subit qu'on fait éprouver à l'acier, par la trempe, contribue aussi à lui donner plus de dureté et d'élasticité : car le refroidissement produit le rapprochement des molécules intégrantes. Le calorique combiné se trouve renfermé avec elles dans un plus petit espace, et conséquemment la force répulsive augmente en plus grande raison que la force attractive; d'ailleurs les molécules prennent entr'elles un arrangement bien différent de celui qu'elles auroient, si l'acier rougi étoit ramené, par degrés successifs, à la température qu'il avoit avant d'être échauffé, et ce dernier arrangement de molécules occasionné par un refroidissement subit, peut fort bien être favorable à l'élasticité.

786. L'élasticité des fluides aériformes paroît dépendre de la même cause qui donne naissance à l'élasticité des corps solides. Il faut remarquer que les corps qui passent à l'état permanent de fluidité aériforme, ont une très-forte attraction pour le calorique; ils en prennent une très-grande quantité; il se combine intimement avec leurs molécules intégrantes qui acquièrent par cette combinaison une force répulsive supérieure à leur force attractive. Cette supériorité de la force répulsive les entraîne loin de la sphère d'activité, où s'exerce la force de cohésion; il en résulteroit, sans doute, un écartement indéfini, si la pression de l'atmosphère et la pesanteur de ces fluides ne mettoient un terme

à

à cet écartement. Lorsque l'on comprime les fluides aériformes, on resserre leurs molécules intégrantes, ainsi que le calorique combiné avec elles, dans un plus petit espace : on augmente donc, par la compression, la force répulsive des molécules intégrantes. La compression cessant, elle doit déployer toute son activité pour rétablir l'écartement des molécules.

787. L'élasticité des fluides aériformes est telle, qu'elle leur donne après la compression plus de volume qu'ils n'en avoient avant la compression. Cet effet, qui a lieu dans le vide, est dû à la supériorité de la force répulsive, qui doit agir avec efficacité pour écarter de plus en plus les molécules, lorsqu'on supprime la pression de l'atmosphère qui s'opposoit à cet écartement. Il n'en est pas ainsi des corps solides élastiques, parce que la force répulsive de leurs molécules intégrantes se trouve égale à leur force attractive.

Tous les corps contiennent du calorique : d'où vient donc que tous les corps ne sont pas élastiques, si le calorique est le principe de l'élasticité ?

1°. Il n'y a dans la nature aucun corps parfaitement dur, ni parfaitement mou. Il n'en est donc aucun qui ne jouisse d'un certain degré d'élasticité.

2°. Des signes sensibles d'élasticité supposent la compression effectuée ; il n'est donc pas étonnant que les corps dont nous ne pouvons effectuer la compression, ne donnent aucun signe d'élasticité.

3°. De ce que le calorique est le principe de l'élasticité, il ne s'ensuit pas que tous les corps

qui contiennent du calorique doivent jouir de cette propriété. 1°. Le trop et le trop peu de calorique peuvent nuire également à la force élastique. 2°. La forme différente qui distingue les molécules intégrantes des différens corps, le différent arrangement que prennent ces molécules, suivant les circonstances, peut être tantôt plus ou moins favorable, tantôt plus ou moins nuisible à l'élasticité. 3°. Les corps mous, tels que le beurre, la terre glaise humide, etc. éprouvent, dans leur état de mollesse, un commencement de solution par l'eau, qui doit altérer la force répulsive de leurs molécules, et nuire conséquemment à l'élasticité. Cela est tellement vrai, que ces corps, dépouillés de leur partie aqueuse, sans changer leur température, donnent des signes sensibles d'élasticité.

788. On conçoit facilement que les corps doivent acquérir de l'élasticité en se combinant avec un corps tel que le calorique, qui jouit éminemment de cette propriété. Mais il reste toujours à expliquer pourquoi le calorique est élastique; et jusqu'à ce qu'on ait trouvé la solution de ce problème, on n'aura fait que reculer la difficulté, au lieu de la résoudre.

Pour expliquer l'élasticité des corps, soit solides, soit aériformes, nous sommes partis d'un fait; il consiste en ce que les molécules des corps exposés à la chaleur s'écartent les unes des autres, et acquièrent conséquemment une force répulsive, par leur combinaison avec un fluide, quel qu'il soit, qui les pénètre. Mais il peut se faire que ce fluide que nous avons appelé calorique, en se combinant

avec les molécules des corps, leur communique une force répulsive, sans que les molécules de ce fluide se repoussent mutuellement. Lorsque l'on plonge du pain sec dans de l'eau, le pain se gonfle, les molécules s'écartent les unes des autres; l'eau, en pénétrant les pores du pain, communique donc à ses molécules une force répulsive; il seroit ridicule d'en conclure que les molécules de l'eau se repoussent entr'elles. De même, lorsqu'on soumet un corps à l'action de la chaleur, ses molécules intégrantes s'écartent les unes des autres; elles acquièrent une force répulsive par leur combinaison avec le calorique; mais ce phénomène dépend probablement, comme le précédent, du concours de plusieurs forces attractives, telles que la force attractive des molécules du calorique, la force attractive des molécules du corps les unes à l'égard des autres; enfin, l'attraction réciproque des molécules du calorique et des molécules du corps pénétré par ce fluide : d'où il résulte que l'élasticité des corps ne suppose pas celle du calorique qui lui a donné naissance.

789. Au reste, nous ne regardons pas comme démontrée l'existence du calorique; et nous ne donnons cette hypothèse, que comme un moyen de représenter, par des nombres, le ressort des corps élastiques, sans affirmer que, matériellement, la chose se fasse comme nous l'avons dit.

790. Soit M , la masse d'un corps élastique, m une de ses molécules, d la distance de cette molécule au centre d'attraction, q la quantité de calorique dont

le corps est pénétré, le centre de répulsion étant d'ailleurs au même point que le centre d'attraction. Je fais encore $Mm=a$, $qm=b$.

791. La force attractive de chaque molécule égale le produit de sa masse par la vitesse qu'elle auroit si elle cédoit à l'impulsion de cette force. La vitesse est en raison directe de la masse attirante, et en raison inverse d'une fonction de la distance de la molécule au centre d'attraction. Nous avons donc pour expression analytique de la force attractive

$$\frac{a}{F(d)}.$$

792. La force répulsive égale le produit de la masse par la vitesse. La vitesse est en raison directe de la quantité de calorique dont le corps est pénétré : elle augmente encore par le rapprochement des molécules ; mais la loi qui la maîtrise relativement aux distances, n'est pas la même que celle de la force attractive. La force répulsive augmente plus que la force attractive, par le rapprochement des molécules, n° 781 : d'où il résulte que nous aurons pour expression de la force répulsive, b divisé par une autre fonction de d que nous pouvons représenter ainsi :

$F(d) \cdot \omega(d)$, ou $\frac{b}{F(d) \cdot \omega(d)}$: nous avons donc dans l'état naturel des corps, c'est-à-dire à la température et à la pression habituelle qu'ils éprouvent,

$$\frac{a}{F(d)} = \frac{b}{F(d) \cdot \omega(d)},$$

ou

$$\frac{a}{F(d)} - \frac{b}{F(d) \cdot \omega(d)} = 0,$$

ou

$$a \cdot \omega(d) - b = 0.$$

793. Cela posé, lorsqu'on laisse tomber sur un plan une boule d'ivoire, les molécules de la boule, situées dans le diamètre vertical, se rapprochent : donc d diminue; donc l'équation précédente devient $a.\omega(d-r) - b =$ une quantité négative; donc la force répulsive l'emporte sur la force attractive, et conséquemment les molécules situées dans le diamètre vertical, s'écartent. Les molécules situées dans le diamètre horizontal sont écartées : donc d augmente; donc notre équation devient $a.\omega(d+r) - b =$ une quantité positive; donc la force attractive l'emporte sur la force répulsive; et conséquemment les molécules situées dans le diamètre horizontal se rapprochent, tandis que les molécules situées dans le diamètre vertical s'éloignent, afin que le corps reprenne son état naturel.

794. En prenant l'expression analytique des forces entre lesquelles les molécules des corps sont en équilibre dans leur état naturel, nous n'avons eu aucun égard à la pression de l'atmosphère, parce que cette force n'agit pas efficacement sur les corps solides. Il n'en est pas de même des liquides et des fluides élastiques. La pression de l'atmosphère agit avec efficacité pour rapprocher leurs molécules : nous devons donc la faire entrer dans l'estimation des forces qui les animent. La pression de l'atmosphère est une quantité constante que nous exprimons par l'unité. Nous avons donc pour les liquides et les fluides aériformes $a.\omega(d) + 1 - b = 0$.

La simple inspection de cette formule fait voir,
1°. que lorsque l'on comprime des fluides élastiques,

la force répulsive devient plus puissante que la force attractive, et conséquemment, que la compression cessant, les molécules doivent retourner vers leur première position; 2°. que les liquides et les fluides aériformes ont le privilège exclusif de prendre plus de volume, lorsqu'on supprime la pression de l'atmosphère. Dans cette supposition, notre équation devient $a.\omega(d)-b=$ une quantité négative, c'est-à-dire que la force répulsive l'emporte sur la force attractive. Cela n'arrive pas pour les corps solides. Lors même que l'on supprime la pression de l'atmosphère, on a $a.\omega(d)-b=0$, c'est-à-dire que la force attractive reste égale à la force répulsive.

LIVRE VI.

De l'Air atmosphérique.

795. L'AIR atmosphérique est un fluide invisible, insipide, inodore, pesant, élastique, jouissant d'une grande mobilité, susceptible de raréfaction et de condensation, qui environne notre planète jusqu'à une certaine hauteur, et dont la masse entière constitue l'atmosphère.

Ce fluide au milieu duquel nous sommes sans cesse plongés, nous intéresse tous d'une manière particulière, soit parce qu'il est le dépositaire des signes de nos pensées et de nos affections, soit parce qu'il alimente l'existence de tous les êtres animés. Ses propriétés physiques et ses propriétés chimiques doivent fixer successivement l'attention du physicien.

PREMIÈRE PARTIE.

Des propriétés physiques de l'air atmosphérique.

PARMI les propriétés physiques de l'air atmosphérique, sa pesanteur et son élasticité sont celles qu'il nous importe d'étudier particulièrement, parce qu'elles donnent naissance à un grand nombre de phénomènes remarquables, dont la véritable cause a été inconnue jusqu'à l'époque où ces deux propriétés de l'air ont été bien établies.

CHAPITRE PREMIER.

De la pesanteur de l'air atmosphérique.

796. C'EST à Galilée que nous devons d'avoir reconnu le premier la pesanteur de l'air, qui étoit généralement désavouée avant lui, quoique peut-être quelques physiciens des anciennes écoles en eussent soupçonné l'existence. Ce physicien pesa un vaisseau de verre rempli d'air dans son état naturel; il injecta ensuite dans ce même vaisseau du nouvel air pour en augmenter la masse, et il trouva que le poids du vaisseau étoit plus considérable après l'injection qu'auparavant : il tâcha même de déterminer la pesanteur spécifique de l'air; mais le rapport de 1 à 400 qu'il donna pour la pesanteur de l'air, comparée à

celle de l'eau, est bien loin d'être satisfaisant, comme nous le verrons dans la suite.

797. Otto de Guericke, consul de Magdebourg, imagine ensuite une machine connue sous le nom de machine pneumatique, qui fournit un moyen facile d'établir la pesanteur de l'air, de manière à dissiper tous les doutes et à fixer à jamais l'opinion des physiciens.

798. Cette machine se construit de différentes manières; mais dans toutes, les principales parties sont, 1°. un cylindre creux et poli en dedans, que l'on nomme corps de pompe; 2°. un piston qu'on fait mouvoir dans le cylindre, et qui s'ajuste exactement avec sa surface intérieure; 3°. une platine couverte d'un cuir mouillé sur lequel on pose le récipient ou la cloche de verre. On enfonce le piston au fond du cylindre, on le retire ensuite, et par ce moyen on fait le vide dans la cavité du cylindre. Cette cavité communiquant avec le récipient par un tuyau soudé au fond du cylindre, l'air s'étend dans le récipient, et entre en partie dans le cylindre; ensorte qu'il a la même densité dans le cylindre et dans le récipient. On ferme la communication entre le récipient et le cylindre; on fait sortir l'air du cylindre et on enfonce le piston au fond. Si on le retire de nouveau, ayant ouvert la communication entre le cylindre et le récipient, la densité de l'air est encore diminuée dans le récipient; et répétant le mouvement du piston, l'air se trouve enfin réduit à la moindre densité, sans cependant qu'on puisse l'en chasser entièrement, comme il

nous sera facile de le démontrer après avoir établi l'élasticité de l'air atmosphérique.

799. Ce que nous venons de dire est commun à toutes les machines pneumatiques, qui diffèrent cependant sous plusieurs rapports. 1°. On emploie aujourd'hui avec avantage deux pistons et deux corps de pompe; le piston de l'un s'élève pendant que celui de l'autre descend; il se fait ainsi une évacuation d'air continuelle et non interrompue, qu'on ne peut se flatter d'obtenir à la faveur d'un seul piston. 2°. On peut intercepter de différentes manières la communication entre le récipient dont il faut pomper l'air, et le corps de pompe. 3°. On emploie différens moyens pour faire sortir l'air du corps de pompe quand on pousse le piston au fond. 4°. Les pistons sont différens dans les différentes pompes. 5°. La situation du corps de pompe n'est pas toujours la même.

800. La pesanteur de l'air va devenir sensible à l'aide de cette machine.

Première expérience. On prend un ballon garni d'un robinet, qui se visse sur la tétine de la machine pneumatique. Après avoir pompé l'air du ballon, on le suspend au bras d'une bonne balance, et on met des poids dans le bassin opposé pour faire équilibre. Ayant ouvert le robinet, l'air entre dans le ballon, et l'équilibre est détruit; mais on le rétablit en ajoutant des poids qui expriment combien pèse l'air renfermé dans le ballon.

On s'est occupé aussi de déterminer la pesanteur spécifique de l'air. D'après les expériences de Deluc,

le rapport entre les poids de l'air et de l'eau distillée à la température de 0 du thermomètre (échelle de Réaumur) par une pression moyenne de 76 centimètres (28 pouces) de mercure, est celui de 1 à 760; et suivant Brisson, celui de 1 à 810.

801. La pesanteur de l'air étoit solidement établie, et l'on attribuoit encore à une aversion imaginaire de la nature pour le vide, les phénomènes d'ascension de l'eau dans les pompes, du mercure dans le baromètre. Il fallut pour dissiper cette erreur, que le hasard fit naître une de ces circonstances heureuses qui, en excitant dans les esprits une vive fermentation, fécondent les germes des plus brillantes découvertes.

802. Des fontainiers d'Italie ayant voulu construire des pompes aspirantes dont les tuyaux avoient plus de 10,4 mètres (32 pieds) de hauteur, observèrent avec surprise que l'eau refusoit de s'élever au-delà de ce terme. Ils regardèrent ce phénomène comme un caprice de la nature, dont ils demandèrent l'explication à Galilée. On assure qu'il répondit que la nature n'avoit horreur pour le vide que jusqu'à 10,4 mètres (32 pieds). Toricelli, son disciple, méditant sur ce phénomène, soupçonna que l'eau s'élevoit dans les pompes par la pression de l'air extérieur, et l'expérience suivante, qu'il fit en 1645, ne tarda pas à justifier ses soupçons.

Deuxième expérience. On prend un tube de verre d'environ un mètre de long (3 pieds 11 lignes), de 4 à 5 millimètres de diamètre, scellé par un bout et ouvert par l'autre; on le remplit de mercure.

Ayant appliqué le doigt sur l'orifice, on renverse le tube, et on place le bout ouvert dans une cuvette renfermant du mercure; on retire le doigt, et on voit à l'instant le mercure descendre dans le tube à la hauteur d'environ 76 centimètres (28 pouces). Cette hauteur étant à celle de 10,4 mètres (32 pieds) dans le rapport inverse des densités de l'eau et du mercure, il est facile d'en conclure que c'est réellement, comme Toricelli l'avoit d'abord soupçonné, la pression de l'air qui détermine l'eau ou le mercure à s'élever jusqu'à ce qu'il y ait équilibre.

803. Cette expérience fut répétée en 1646 par Pascal, qui imagina, en 1647, de la rendre plus décisive en la faisant à différentes hauteurs. Son beau-frère Perrier, qui étoit alors à Clermont en Auvergne, fut invité à la répéter sur le Puy-de-Dôme, et à observer si la colonne de mercure descendroit dans le tube à mesure qu'on s'éleveroit davantage. Le succès complet de cette expérience démontra non-seulement que l'air est pesant, mais encore qu'il exerce en vertu de sa pesanteur une pression qui dépend de sa hauteur.

L'air exerce une pression en tout sens à la manière des fluides. L'expérience de Toricelli démontre que l'air presse de haut en bas : pour se convaincre qu'il exerce une pression latérale et une pression de bas en haut, il suffit de faire sur le côté ou par le bas d'un tonneau plein, un orifice très-étroit. Le liquide ne s'écoule pas, parce que l'air qui répond à l'orifice exerce une pression sur ce liquide, qui n'a pas assez de hauteur pour la vaincre.

804. Ne soyons donc point surpris, 1°. que les corps mous soutiennent la pression de l'air sans changer de figure, et les corps fragiles sans se briser, quoique cette pression soit équivalente à celle d'une colonne de mercure de 76 centimètres (28 pouces); 2°. de sentir une pression très-forte sur la main placée à l'ouverture d'un récipient dans lequel on fait le vide; 3°. de voir se briser en pièces une plaque mince de verre, mise avec un cuir interposé, sur un récipient ouvert par les deux bouts, qu'on purge d'air à la faveur de la machine pneumatique. Un récipient qui n'auroit pas une forme sphérique seroit brisé de même; la forme sphérique est la seule qui puisse garantir du danger de la cassure; 4°. d'éprouver, lorsqu'on veut écarter les ailes d'un soufflet dont les ouïes et le bout sont bien fermés, une vive résistance qui s'évanouit du moment que l'intérieur du soufflet devient accessible à l'air extérieur; 5°. enfin, de voir deux hémisphères de cuivre concaves, joints à la faveur d'un anneau de cuir mouillé, résister vivement, du moment qu'on en a pompé l'air, aux forces considérables qu'on emploie pour effectuer leur séparation.

Tout ce qui a rapport à la construction du baromètre, des pompes et des siphons, doit trouver ici naturellement sa place.

Du Baromètre.

805. Le plus simple, le plus fidèle, et conséquemment le meilleur des baromètres connus, consiste dans un tube de Toricelli de plus de 81 cen-

timètres (30 pouces) de long, rempli de mercure purgé d'air à la faveur de l'ébullition. Le tube est appliqué avec sa cuvette sur une planche divisée en centimètres et en millimètres, ou en pouces et en lignes, entre 70 centimètres (26 pouces) et 78 centimètres (29 pouces), à partir du niveau que donne le mercure renfermé dans la cuvette. Nous ne parlerons pas des différens baromètres qui ont été imaginés, 1°. parce qu'ils sont tous construits d'après les mêmes principes; 2°. parce que n'offrant aucun avantage à la science, ils doivent tout au plus trouver place dans son histoire.

806. Le baromètre nous fourniroit un moyen d'observer avec précision les variations qu'éprouve la pression de l'atmosphère, si les mouvemens de la colonne de mercure, estimés d'après les indications de l'échelle, étoient exactement proportionnels aux différentes pressions de l'air. Cela n'est pas, et cette imperfection est attachée à la construction de l'instrument; car à mesure que la colonne de mercure s'élève ou s'abaisse, une petite portion du mercure contenu dans la cuvette est forcée de passer dans le tube ou de rentrer dans la cuvette, ce qui fait varier la position du niveau; ensorte qu'il ne répond pas constamment au zéro de l'échelle, qui est cependant le terme de départ auquel se rapporte l'observation de la hauteur à laquelle répond l'extrémité de la colonne sur la même échelle. Plus la cuvette a de largeur vers l'endroit de la ligne de niveau, moins cette imperfection est sensible. Différens moyens ont été employés pour la faire disparaître entièrement.

Dans certains baromètres, on a rendu l'échelle mobile dans le sens de sa hauteur, de manière qu'à la faveur d'une vis de rappel, on est toujours le maître de ramener la ligne de niveau à se trouver exactement vis-à-vis le zéro de l'échelle. On substitue alors à la cuvette une portion du tube même de l'instrument recourbé par sa partie inférieure; la variation sensible de niveau, qui en résulte, pouvant toujours être corrigée par le mouvement de l'échelle.

D'autres physiciens emploient une seconde cuvette d'une plus grande capacité et remplie en partie de mercure, dans laquelle la cuvette du baromètre est entièrement plongée. Lorsqu'on veut faire une observation, on élève le baromètre avec sa cuvette au-dessus du mercure environnant; et comme alors cette cuvette se trouve toujours pleine, la ligne de niveau donnée par la surface supérieure du mercure qu'elle contient, conserve une situation constante par rapport à la graduation.

807. Le moyen qui me paroît le plus propre à faire évanouir l'inconvénient que présente la variation de la ligne de niveau, consiste à établir au-dessus et au-dessous du zéro de l'échelle, une division semblable à celle qui se trouve dans le champ des variations de la hauteur de la colonne de mercure. Alors une simple addition ou soustraction, suivant que le mercure descend ou s'élève dans le tube, suffit pour avoir la hauteur exacte du mercure au-dessus du zéro de l'échelle.

808. Le mercure monte à la même hauteur dans

le tube du baromètre, soit qu'il se trouve situé en plein air, soit qu'on le place dans une chambre bien fermée. Dans le premier cas, la colonne de mercure suspendue dans le tube, fait équilibre avec la colonne d'air qui repose sur le mercure contenu dans la cuvette. Dans le second, l'air contigu au mercure de la cuvette agit sur lui par sa force élastique, et cette force, donnée même température, égale le poids de la colonne d'air qui repose sur le mercure de la cuvette, lorsque le baromètre est en plein air; puisque l'air renfermé dans une chambre communique ou a déjà communiqué avec l'air extérieur qui réagit en tout sens avec une force égale à celle qui le comprime.

809. L'échelle du baromètre a une base différente de celle du thermomètre. Dans celui-ci, les mouvemens de la colonne du mercure se mesurent en parties proportionnelles à la distance entre les deux limites données par l'observation. Ils diffèrent dans les divers thermomètres, quoique par des degrés semblables, quand les circonstances l'exigent. Dans le baromètre au contraire, où il n'y a qu'un terme fixe, savoir le niveau qui s'établit de lui-même dès le premier instant, la hauteur de la colonne se mesure d'une manière absolue.

810. Un des usages les plus ordinaires du baromètre est d'indiquer la pluie ou le beau temps, suivant que la colonne de mercure s'abaisse ou s'élève dans le tube. Il est aisé de sentir que ces sortes d'indications sont le plus souvent équivoques, parce que la pluie et le beau temps sont des effets

à

à la production desquels concourent différentes causes qu'il est difficile de connoître et d'apprécier, tandis que les variations dans la hauteur de la colonne de mercure contenue dans le tube, dépendent exclusivement des variations dans la pression de l'atmosphère. (Voyez sur cet objet le chapitre du dernier livre de cet Ouvrage, qui traite de la pluie).

811. Pour construire un bon baromètre, il faut, 1°. se procurer un tube de verre bien calibré, c'est-à-dire d'un diamètre égal dans toute sa longueur; 2°. exposer le tube à l'action d'une forte chaleur, afin d'enlever à ses parois intérieures et l'air et l'humidité qui les pénètrent; 3°. introduire dans le tube un petit entonnoir de verre bien net et bien chaud; 4°. verser alors dans l'entonnoir, sans aucune interruption du mercure pur et bouillant, jusqu'à ce que le tube soit plein.

812. Il existe un autre instrument connu sous le nom de *manomètre*, qui sert à apprécier les variations qu'éprouve la densité de l'air atmosphérique. Celui de Otto de *Guerike*, le meilleur qui ait été imaginé, consiste dans une balance très-exacte, à la faveur de laquelle un corps très-petit, mais pesant, fait équilibre à une boule légère qui a un volume très-considérable. On juge de la densité de l'air, par le poids que la boule perd par son immersion dans ce fluide.

De la mesure des hauteurs par le baromètre.

813. Des procédés trigonométriques ont d'abord été employés à mesurer les hauteurs des montagnes. L'expérience que fit Perrier sur la montagne du

Puy-de-Dôme, fit naître ensuite la première idée d'employer le baromètre au même objet; mais il falloit perfectionner cet instrument, au point de rendre appréciables les plus légères altérations dans la hauteur de la colonne métallique. La nécessité de calculer les variations presque continuelles qu'éprouve un baromètre, même sans changer de place, présentoit un autre inconvénient qu'il n'étoit point aisé de faire évanquir. Les physiciens sont parvenus à vaincre ces difficultés, de manière qu'aujourd'hui le baromètre offre une méthode simple et facile qui le dispute pour l'exactitude aux méthodes trigonométriques.

814. On savoit par les expériences de Perrier, qu'une diminution d'une ligne dans la hauteur de la colonne barométrique répond à une élévation de 75 pieds, ce qui, traduit dans le langage des nouvelles mesures, donne 108 décimètres d'élévation pour une dépression d'un centimètre dans le baromètre. Ce moyen doit être limité dans des espaces qui n'excèdent pas 1200 toises; car ensuite la densité de l'air diminuant à mesure qu'on s'élève, la même dépression d'une ligne répond à une plus grande élévation. Il faut alors se servir d'un principe que je démontrerai dans le chapitre suivant: savoir, que la hauteur de l'atmosphère croissant en progression par différence, la densité de l'air décroît en progression par quotient; cette densité étant proportionnelle à la pression, sera indiquée par le baromètre, de sorte que les hauteurs de l'atmosphère pourront être regardées comme les logarithmes des hauteurs de la colonne barométrique.

Pour s'épargner la peine de construire une nouvelle table de logarithmes, il faut trouver le module par lequel, multipliant les logarithmes ordinaires, on obtienne ceux qui ont rapport à la hauteur de l'atmosphère. Différens physiciens se sont occupés de cet objet.

Deluc a été conduit par ses recherches à ce résultat, qu'il falloit multiplier par 10000 les logarithmes des tables ordinaires, pour avoir la hauteur en toises, qui répond au nombre de lignes qu'indique le baromètre. On prendra donc la différence qui existe entre les logarithmes vulgaires, des nombres de lignes que marque le baromètre; on la multipliera par 10000, en avançant la virgule de quatre rangs, et l'on aura en toises la distance verticale des deux stations.

815. Cette méthode est sujette à deux corrections nécessitées par la température qui d'ordinaire est moindre à mesure qu'on s'élève davantage. L'une vient de ce que le principe dont nous nous sommes servis suppose une température constante à toutes les hauteurs; et l'autre, de ce que le mercure se condense lorsque la température diminue.

Pour déterminer la seconde correction, Deluc chercha par l'observation, à quel degré de température la hauteur du baromètre n'exigeroit aucune correction; il trouva que ce degré répondoit au dixième au-dessus de zéro du thermomètre de Réaumur, et que la quantité dont s'allongeoit ou s'accourcissoit la colonne de mercure par chaque degré du thermomètre, est de 0, ligne 075, en

supposant que le baromètre eût été d'abord à 27 pouces.

Quant à la première correction, Deluc chercha à quelle température il n'y auroit aucun changement à faire au nombre de toises donné par la correction précédente. Cette température est de 16 degrés $\frac{3}{4}$. Supposant ensuite que la température varioit en progression par différence dans l'étendue d'une colonne d'air, il trouva que son volume varioit de $\frac{1}{215}$ par degré du thermomètre. Il étoit facile, d'après ces données, de déterminer l'erreur en plus ou en moins, et d'obtenir un résultat définitif.

816. M. Laplace a imaginé un moyen plus direct pour arriver au même but. Il consiste à faire dépendre le coefficient constant du rapport des pesanteurs spécifiques de l'air et du mercure à la température de la glace fondante, et à la pression moyenne de l'atmosphère au niveau de la mer. Ce coefficient est de 17972, 1 mètres.

Si la température étoit autre que celle que nous venons de supposer, il faudroit prendre la demi-somme des températures observées dans les deux stations, pour la température moyenne de la colonne d'air. Cela posé, l'air se dilate de $\frac{1}{250}$ de son volume par chaque degré de l'échelle centigrade : la hauteur de la couche d'air qui a une densité donnée, augmente donc aussi de $\frac{1}{250}$, et il faut ajouter au module le 250^e de ce même module, multiplié par le nombre de degrés de la température moyenne entre les deux stations.

Quant à la correction qui dépend de l'effet ther-

mométrique de la chaleur sur la colonne barométrique, elle est la même que dans le procédé de Deluc; on part seulement de cette base, que le mercure se dilate de $\frac{1}{8412}$ de son volume par chaque degré du thermomètre centigrade.

817. Cette méthode laissoit à désirer que le coefficient constant fût déterminé par l'expérience, d'une manière plus précise; et M. Ramond s'est livré à des recherches qui l'on conduit à cette détermination. Ce physicien a reconnu d'abord quelles sont les circonstances les plus favorables à cette sorte d'observations, ainsi que les heures qu'il faut choisir ou éviter; car il est des causes dont l'effet doit être très-sensible, et dont on ne pourra jamais tenir compte dans les calculs. Tels sont les vents ascendants ou descendants qui, suivant Ramond, règnent presque constamment à certaines heures, et qui doivent influencer sur la colonne barométrique. Il faut donc choisir l'instant où l'équilibre de l'atmosphère n'est troublé ni par l'une, ni par l'autre cause, et cet instant est le milieu du jour. Ramond a encore observé que les vents descendants règnent plus souvent que les autres: d'où il conclut qu'en général les résultats moyens des observations doivent donner des hauteurs trop petites.

Il ne suffit pas de connoître l'instant le plus favorable aux observations, il faut encore mettre beaucoup de soin dans le choix des stations; il faut des observations simultanées, faites les unes dans le lieu dont on cherche la hauteur, et les autres dans un lieu fixe, dont la hauteur au-dessus du niveau de la mer soit parfaitement connue. Lorsqu'on cherche

à vérifier une formule, il faut de plus une égale connoissance de la hauteur de la montagne où l'on porte le baromètre; et pour que la conclusion ne paroisse pas equivoque, il faut que les deux stations soient assez voisines, et que rien n'interrompe la communication, ensorte que les variations atmosphériques qui surviendroient dans l'une, aient également lieu dans l'autre. M. Ramond a trouvé ces avantages réunis dans le Pic de Bigorre et la ville de Tarbes, où Dangos s'est chargé des observations correspondantes. Les résultats d'un grand nombre d'expériences ont conduit M. Ramond à augmenter le coefficient principal de la formule de M. Laplace; d'environ un quarante-deuxième. On le trouvera dans la note qui suit cette formule avec son coefficient augmenté.

NOTE.

H désignant la hauteur du baromètre à la station la plus basse, h celle qui répond à la station la plus élevée, T la hauteur du thermomètre à la station la plus chaude, t celle qui répond à la station la plus froide; enfin x la différence de niveau exprimée en mètres, on aura

$$x = 1632^{\text{mètres}} \left[1 + 2 \left(\frac{T+t}{1000} \right) \cdot L \left(\frac{H}{h \left(1 + \frac{T-t}{5412} \right)} \right) \right]$$

Des Pompes.

818. Les pompes sont des machines destinées à élever l'eau : elles sont principalement composées d'un cylindre creux ou corps de pompe EF (fig. 91), poli en dedans et d'un diamètre égal dans toute sa longueur; d'un tuyau montant AT (fig. 92), pour

conduire l'eau au lieu de sa destination; de soupapes Ss ; enfin d'un piston I qu'on fait descendre dans le corps de pompe à l'aide d'une tige métallique Xx , à l'extrémité X de laquelle on adapte le moteur par le moyen d'un levier XY .

On construit différentes espèces de pompes. Les unes sont aspirantes, les autres foulantes; il y en a qui sont à la fois aspirantes et foulantes.

819. La pompe aspirante (fig. 91) est composée d'un corps de pompe EF , ouvert par le haut, et à la partie inférieure duquel est adapté le tuyau d'aspiration FP . Au point de réunion de ce tuyau avec le corps de pompe, est une soupape s qui, en se soulevant, permet à l'eau de passer du tuyau d'aspiration PF dans le corps de pompe FE , et qui, en s'abaissant, l'empêche d'en sortir par la même voie. Dans le corps de pompe est un piston I qu'on met en jeu à la faveur d'un levier XZY . Cette pompe doit être située de manière qu'il n'y ait que l'extrémité inférieure du tuyau d'aspiration FP qui plonge dans l'eau.

Lorsque la pompe n'est pas en jeu, les deux soupapes S et s sont fermées par leur propre poids. Si l'on soulève le piston I , en donnant au levier XZY la situation uZy , on soulève la colonne d'air qui repose dessus; et l'air qui est renfermé dans le tuyau d'aspiration depuis la surface de l'eau a jusqu'au piston, devient plus rare que l'air extérieur. Celui-ci presse donc avec avantage sur la surface de l'eau a , et l'oblige à monter dans le tuyau d'aspiration jusqu'à ce que l'air intérieur ait repris sa première

densité en occupant moins de place : de sorte qu'à près quelques coups de piston, l'eau arrive au corps de pompe, et passe, soulevant successivement les soupapes *s* et *S*, à travers le piston qui, en s'élevant, détermine l'eau à s'échapper par le tuyau de décharge *E*.

La pression de l'air étant la seule cause de l'élévation de l'eau dans les pompes aspirantes, et cette pression étant égale à celle d'une colonne d'eau de 10,4 mètres (32 pieds), on voit que le tuyau d'aspiration ne peut pas avoir plus de 10,4 mètres de longueur. Il faudroit même pour donner cette longueur au tuyau d'aspiration, que la pompe fût faite avec toute la précision dont elle est susceptible, qu'elle fût placée au niveau de la mer, parce que c'est là que la pression de l'air est la plus forte; enfin, que cette pression fût constante, ce qui n'arrive presque jamais. Aussi, dans l'usage ordinaire, ne donne-t-on aux tuyaux d'aspiration qu'environ 8 mètres (25 pieds) de longueur.

La colonne d'eau qu'on élève à l'aide des pompes foulantes, repose quelquefois sur le piston que l'on tire (fig. 92), quelquefois la colonne d'eau résiste au piston que l'on pousse (fig. 93). Pour les distinguer, on donne aux premières le nom de pompes foulantes soulevantes, et aux secondes, celui de pompes foulantes repoussantes.

820. Dans la pompe foulante soulevante (fig. 92) on distingue un corps de pompe *AB*, à la partie inférieure duquel est placé un bout de tuyau *BN*, ouvert par le bas, ou mieux encore, percé de trous

dans toute sa longueur. Au point de réunion de ce bout de tuyau avec le corps de pompe, est une soupape s qui, en se soulevant, permet à l'eau d'entrer dans le corps de pompe; mais qui ensuite, en s'abaissant, ne lui permet pas d'en sortir. Dans ce corps de pompe est un piston I percé de part en part, garni dans sa partie supérieure d'une soupape S , et surmonté d'une fourchette x , par laquelle il est joint, au moyen d'une tête fendue comme celle d'un compas, à la tige xX qui le met en jeu à la faveur du levier XZY . A la partie supérieure A du corps de pompe est adapté le tuyau montant AT qui a son tuyau de décharge en T . Cette pompe doit être située d'une manière quelconque dans le bassin, ensorte que le corps de pompe AB soit tout entier au-dessous de la surface de l'eau AA .

Lorsqu'on soulève le piston I , en abaissant l'extrémité Y du levier YZX , de manière que le levier prenne la situation yZu , ce piston s'élève dans le corps de pompe AB , d'une quantité égale à Xu ; dans le même temps, la soupape s se soulève, et l'eau passe du bassin dans la pompe, par la pression de l'eau extérieure. Si l'on abaisse ensuite le piston, cette pression fait fermer la soupape s , et soulève la soupape S . L'eau qui étoit au-dessous du piston se trouve par-dessus. La soupape S s'abaisse et met obstacle à la sortie de l'eau lorsqu'on soulève de nouveau. Un second coup de piston élèvera donc cette quantité d'eau, et permettra, par le même mécanisme, à une nouvelle quantité de passer dans la pompe, et de là au-dessus du piston, comme a

fait la première : de sorte que par un certain nombre de coups de piston, ou parviendra à remplir le tuyau montant AT , et alors, à chaque coup de piston il sortira par le tuyau de décharge T , une masse d'eau égale à un cylindre qui a pour base la largeur du piston, et pour longueur, l'espace que le piston parcourt dans le corps de pompe.

821. La pompe foulante repoussante est composée d'un corps de pompe CD (fig. 93) tout-à-fait fermé par le bas, entièrement ouvert par le haut, et dans lequel est un piston K qui ne diffère de celui de la pompe foulante soulevante, qu'en ce que la soupape S est placée à sa partie inférieure. Ce piston est mis en jeu à la faveur du levier YXZ . Son tuyau montant DO est placé à côté du corps de pompe avec lequel il communique, et est garni d'une soupape s dans sa partie inférieure. Cette pompe doit être située dans le bassin, de manière que le corps de pompe CD soit tout entier au-dessous de la surface de l'eau.

Le corps de pompe est rempli d'eau qui tombe par l'ouverture C , et passe au travers du piston K dont la soupape S , d'après sa position, se trouve naturellement ouverte. Si l'on abaisse le piston K en donnant au levier YXZ la situation yuZ , la résistance de l'eau contre la soupape la ferme aussitôt. Cette eau ne peut donc pas repasser au-dessus du piston, et conséquemment elle est forcée d'enfiler le tuyau montant DO , en soulevant la soupape s . Du moment qu'on retire le piston, la soupape s se ferme par la pression de l'eau qui est au-dessus, et la soupape S s'ouvre en retombant par son propre

poids : il passe donc au-dessous du piston une nouvelle masse d'eau qui, par un second abaissement du même piston, est contrainte de passer, comme la première, dans le tuyau montant : de sorte que par un certain nombre de coups de piston, on parvient à remplir le tuyau montant DO. Tout se passe alors comme dans la pompe foulante soulevante. Si dans ces deux pompes le diamètre du piston est le même, ainsi que la hauteur perpendiculaire des tuyaux montans, les poids des deux colonnes d'eau sont évidemment égaux, et conséquemment ces deux pompes exigent la même force pour être mises en jeu.

La pompe aspirante et la pompe foulante présentent des inconvéniens qui en font souvent interdire l'usage. La première ne peut élever l'eau qu'à une petite hauteur; la seconde élève l'eau à une hauteur considérable; mais on est toujours obligé de placer son corps de pompe dans le bassin; et si l'on est forcé d'y travailler, il faut ou vider le bassin ou en retirer le corps de pompe. On fait disparaître ces sortes d'inconvéniens en employant des pompes tout à la fois aspirantes et foulantes.

822. Elles sont composées d'un corps de pompe GH (fig. 94.) ouvert par le haut, et à la partie inférieure duquel est adapté le tuyau d'aspiration HV. Au point de réunion de ce tuyau avec le corps de pompe, est une soupape S, destinée au même usage que dans la pompe simplement aspirante. Dans le corps de pompe est un piston M qui n'est point percé et qu'on met en jeu à l'aide de la tige xX

et du levier YXZ. A côté du corps de pompe et vers le bas, est adapté un tuyau montant HR, garni d'une soupape *s* dans sa partie inférieure, et d'un tuyau de décharge R dans sa partie supérieure. Cette pompe doit être située de manière qu'il n'y ait que l'extrémité inférieure du tuyau d'aspiration qui plonge dans l'eau.

Il est aisé de voir que la première action de cette pompe est d'être aspirante; car si l'on soulève le piston M, en donnant au levier YXZ la situation *yuZ*, on soulève la colonne d'air qui repose dessus; l'air qui remplit le tuyau d'aspiration devient plus rare que l'air extérieur. Celui-ci agit donc avec avantage sur la surface de l'eau AA, et la détermine, après quelques coups de piston, à passer dans le corps de pompe. Alors si on abaisse le piston M, la soupape *S* se ferme, et l'eau est forcée d'enfiler le tuyau montant HR, en soulevant la soupape *s* qui, du moment que la pression cesse, retombe par son poids et par celui de l'eau qui est au-dessus.

Ces sortes de pompes présentent le double avantage d'élever l'eau à la hauteur qu'on veut atteindre, et d'avoir leurs corps de pompe placés hors de l'eau.

823. On peut ranger dans la même classe la pompe d'incendie qui non-seulement est à la fois aspirante et foulante, mais dont le jet est continu, quoiqu'elle n'ait qu'un corps. Sa construction est la même que celle de la pompe aspirante et foulante, avec cette différence que son tuyau d'aspiration est beaucoup plus court, et qu'au lieu de tuyau montant solide,

elle porte un tuyau de cuir, auquel on donne une longueur convenable.

Le jeu des pompes dépend principalement de la régularité du mouvement alternatif des soupapes. Il importe donc qu'elles soient construites et disposées de manière qu'elles tiennent bien l'eau quand elles sont fermées, et qu'elles s'ouvrent avec facilité lorsque les circonstances le commandent. Les meilleures sont de métal et taillées en forme de cône tronqué.

On fait les pistons avec des rondelles de cuir, serrées par deux autres de métal. Les pistons qui sont entièrement de métal sont préférables, 1°. parce qu'ils n'exigent aucune réparation; 2°. parce qu'ils sont moins susceptibles d'éprouver l'influence de l'humidité ou de la sécheresse.

Des Siphons.

824. Un tuyau courbe ABC dont une branche AB (fig. 95) est plus courte que l'autre BC, se nomme siphon. Pour se servir de cette machine, on place l'extrémité A de la courte branche AB dans le vase EE qui renferme le liquide. On suce par l'extrémité C de la longue branche; l'air s'échappe, l'écoulement commence et ne finit que lorsque la courte branche ne plonge plus du tout dans le liquide.

Cet effet a évidemment pour cause la pression de l'air qui pousse le liquide dans le siphon, en pressant sur la surface de celui que le vase renferme. L'air presse aussi le liquide qui sort par l'orifice C et le soutient. Ces pressions sont égales et opposées dans

la partie supérieure du siphon, et équivalent dans cet endroit au poids de l'atmosphère, moins les poids des colonnes de liquide qui sont soutenues par les pressions. La colonne de liquide dans la branche BC a plus de hauteur que la colonne opposée : donc la pression de l'air souffre une diminution plus grande du côté de BC, et la pression opposée la surpasse : ce qui produit l'écoulement par C.

Il est aisé de voir que l'écoulement ne peut avoir lieu; 1°. si les branches du siphon sont égales; 2°. si la courte branche étant plongée dans un liquide, sa hauteur est plus grande que 10,4 mètres (32 pieds).

825. Les siphons peuvent être faits de manière que le réservoir et les branches ne soient pas apparens; la nature en a probablement formé de semblables dans l'intérieur du globe. Ils servent à épuiser des cavités remplies d'eau auxquelles répondent leurs jambes les plus courtes; et lorsque les écoulemens qui fournissent au réservoir se font plus lentement que son évacuation, l'extrémité de la jambe la plus longue devient une source ou une fontaine naturellement intermittente et périodique.

CHAPITRE II.

De l'Élasticité de l'air.

826. NOUS avons démontré que l'air est pesant, et qu'en vertu de sa pesanteur, il exerce une pression égale en tout sens. Cette propriété lui est commune

avec tous les fluides; mais ce qui l'en distingue, c'est son élasticité, c'est-à-dire la qualité qu'il a d'être composé de parties qui, se laissant réduire à de moindres dimensions par une force quelconque, tendent autant qu'elles peuvent, à surmonter cette pression et à racquérir leur première étendue, en réagissant contre les corps qui les compriment. Chacun peut se convaincre de cette propriété de l'air par les expériences suivantes.

Première expérience. On prend une vessie enflée et bien fermée. L'air qu'elle contient se réduit à un moindre espace quand on la presse entre les mains. Mais aussitôt qu'on cesse de presser, il se rétablit de lui-même dans l'espace qu'il avoit auparavant. On sent même, quand on le comprime, l'effort qu'il oppose à l'action qu'on exerce sur lui.

Deuxième expérience. On met dans une boîte dont le diamètre intérieur est d'environ 81 millimètres (3 pouces), une vessie exactement fermée, et qui n'est remplie d'air qu'en partie. On place sur cette vessie un poids de plomb de 18 kilogrammes (environ 36 livres), et qui entre dans la boîte de manière qu'il ne laisse de vide que la place de la vessie. On couvre cette boîte d'un récipient assez haut pour que le poids puisse être élevé de 27 millimètres (1 pouce) : on pompe l'air; la vessie enfle et élève le poids.

827. La plupart des physiciens décrivent en faveur de l'élasticité de l'air, beaucoup d'autres expériences que nous nous contenterons de citer, parce qu'elles nous paroissent plus propres à offrir un spectacle

agréable qu'à former un concours de preuves nécessaires pour confirmer ou pour éclaircir la vérité qui nous occupe.

828. Une bouteille de verre mince et pleine d'air, que l'on a bien bouchée, crève dans le vide.

829. Un œuf placé dans un gobelet se vide par un fort petit orifice fait à sa partie inférieure quand on raréfie l'air qui l'environne; il se remplit aussi par le même orifice, lorsqu'on laisse rentrer l'air dans le récipient.

830. Une vieille pomme se dérïde dans un récipient dont on pompe l'air; mais elle reprend son premier état, elle se ride même davantage quand on lui rend son enveloppe atmosphérique.

831. *La force élastique de l'air est toujours égale à la force qui le comprime.* Si elle étoit moindre que cette force, l'air se laisseroit encore comprimer davantage. Si elle étoit plus grande, l'air ne céderoit pas autant, puisque la réaction est toujours égale à l'action.

Il suit de là que la force élastique d'une bulle d'air prise dans les couches inférieures de l'atmosphère, est égale au poids de la colonne d'air qui repose sur elle, puisque ce poids est la force qui la retient dans l'espace étroit qu'elle occupe. Aussi, du moment qu'on la débarrasse de ce poids, à la faveur de la machine pneumatique, tend-elle subitement à s'étendre jusqu'à ce que sa pesanteur et son élasticité soient en équilibre.

832. *L'espace qu'occupe une quantité d'air déterminée est, donnée même température, en raison inverse de*

de

de la force qui le comprime, et conséquemment en raison inverse de sa force élastique, de sa densité, ou de sa pesanteur spécifique.

Troisième expérience. On prend un tube AB (fig. 96) scellé hermétiquement en A et ouvert en B ; on le remplit de mercure à l'exception d'un certain espace qu'on laisse rempli d'air. On applique le doigt à l'orifice B, et on renverse le tube pour laisser monter l'air dans la partie supérieure AD : on plonge ensuite le bout B dans une cuvette pleine de mercure. Ce fluide ne s'arrête pas à la hauteur BC que nous supposons être sa hauteur ordinaire ; mais il descend jusqu'en E, parce que l'air qui est dans AD se dilate dans l'espace AE.

A la faveur de cette expérience qui sert à mesurer exactement les grandeurs AD, ED, ainsi que les hauteurs BC, BE, Boyle et Mariotte ont démontré de la manière suivante la vérité qui nous occupe. La force qui comprimoit l'air pendant qu'il occupoit l'espace AD, est égale au poids de l'atmosphère qui peut être représenté par le poids de la colonne de mercure BC. Après l'expérience, son volume a augmenté de manière qu'il occupe l'espace AE : donc l'élasticité qui reste à cet air dilaté, plus le poids de la colonne de mercure EB égale le poids de l'atmosphère, ou le poids de la colonne de mercure $BC = BE + EC$. Si on ôte de ces deux sommes égales, la colonne de mercure BE qui leur est commune, les restes sont égaux, et conséquemment l'élasticité de l'air dilaté au point d'occuper l'espace AE égale le

poids de la colonne de mercure EC; or, en mesurant les longueurs AD, AE que l'air occupe dans les deux cas, on trouve que $AD:AE::EC:BC$; donc l'espace qu'occupe une quantité d'air déterminée est en raison inverse de la force qui le comprime.

833. La même proportion subsiste lorsque l'air est condensé.

Quatrième expérience. On prend un tube recourbé ONM (fig. 97), dont la branche NM a partout le même diamètre. On y verse d'abord un peu de mercure pour remplir ON et renfermer l'air dans NM, sans lui faire éprouver la moindre condensation. Cet air se trouve alors comprimé par le poids de l'atmosphère, qui équivaut au poids d'une colonne de mercure de 76 centimètres. Alors, si l'on verse du mercure dans la branche PO, jusqu'à la hauteur XO, l'air renfermé dans NM sera comprimé par le poids du mercure XO, qui fait monter le mercure depuis N jusqu'à Z; de sorte que l'air n'occupera que la hauteur MZ. Si on tire une ligne horizontale ZF, il est aisé de voir que le poids du mercure en ZN, est en équilibre avec celui de FO, et que l'air occupant l'espace MZ n'est comprimé que par la colonne de mercure FX, et de plus, par le poids de l'atmosphère, équivalant à une colonne de mercure de 76 centimètres; or, si on mesure les hauteurs MZ, MN qui sont successivement occupées par l'air, on trouve que MZ est à MN comme le poids d'une colonne de mercure de 76 centimètres (28 pouces) est au poids d'une semblable

colonne de mercure plus au poids de la colonne de mercure XF, c'est-à-dire en raison inverse des poids qui les compriment.

Le rapport trouvé ne peut avoir lieu ; 1°. que dans l'hypothèse d'une température constante ; 2°. qu'en supposant les tubes employés pour ces sortes d'expériences, véritablement cylindriques. Cela vient de ce que nous supposons les espaces MZ, MN ; AD et AE l'un à l'autre comme les longueurs ; supposition fautive si les tubes ne sont pas parfaitement cylindriques.

834. De ce que l'espace qu'occupe une quantité d'air déterminée, est en raison inverse de sa force élastique, il suit que, donnée même température, l'élasticité de deux molécules d'air n'augmente pas par leur rapprochement.

Pour rendre sensible cette conclusion, concevons une masse d'air renfermée dans une vessie qui communique avec un tube recourbé contenant du mercure, et supposons que sa force élastique fasse équilibre avec une colonne de mercure de 76 centimètres (24 pouces) de hauteur. Si l'on comprime la vessie de manière que l'air soit réduit à la moitié de son volume, la couche d'air contiguë à la surface du liquide aura évidemment une densité deux fois plus grande qu'elle n'avoit avant la compression, et conséquemment un nombre double de molécules d'air touchera et agira sur cette surface : donc, puisque, suivant l'expérience, la hauteur de la colonne de mercure devient double, il faut que l'élasticité de chaque molécule soit la même ; d'où il suit que, donnée même température, l'élasticité des molécules

d'air n'augmente pas par leur rapprochement. Il ne fait que multiplier le nombre des molécules agissant sur une même surface.

835. La vérité que nous venons d'établir conduit visiblement aux résultats suivans : 1°. les molécules d'un gaz n'obéissent sensiblement qu'à la force répulsive du calorique, et l'attraction qu'elles exercent les unes sur les autres est très-petite par rapport à cette force. Ainsi leur élasticité dépend exclusivement de la température, et la quantité de calorique libre qui existe dans une masse d'air est, à température égale, proportionnelle à son volume. Car s'il y en avoit plus sous le même volume dans l'état de condensation, que dans celui de dilatation, la force répulsive de deux molécules voisines en seroit augmentée.

2°. Si on diminue d'un tiers ou de moitié le volume d'un gaz, il doit s'en dégager un tiers ou une moitié du calorique libre qui existe entre ses molécules. L'effet du calorique ainsi dégagé est sensible sur la vitesse du son. Il contribue probablement à produire l'excès de cette vitesse sur celle que donne la théorie.

3°. Si l'on conçoit des volumes égaux de deux différens gaz renfermés dans deux enveloppes de même capacité et inextensibles, et qu'on suppose qu'à une température donnée, l'élasticité de ces deux gaz soit la même; en augmentant de la même manière leur température, l'accroissement de leur élasticité sera la même, puisqu'elle ne dépend que de leur température : si l'on conçoit à présent que les

enveloppes renfermant les gaz deviennent extensibles, les deux gaz se dilateront jusqu'à ce que leur élasticité fasse équilibre à la pression de l'atmosphère qui entoure ces enveloppes; et puisque pour chaque gaz le volume est en raison inverse de la force élastique, les deux gaz prendront le même volume et se dilateront également, ce qui est conforme à l'expérience.

836. Si l'air avoit partout la même densité, il seroit facile de déterminer les limites de l'atmosphère. Supposons en effet à toute l'atmosphère la densité de l'air à la température de la glace fondante, et comprimée par une colonne de mercure de 76 centimètres (28 pouces), sa hauteur seroit de 7815 mètres (24058 pieds), comme il est aisé de s'en convaincre en remontant aux lois de l'équilibre des fluides. Mais il s'en faut que la densité de l'air soit constante; car puisque chaque couche d'air est comprimée par les couches supérieures; puisque les couches les plus élevées sont moins comprimées; enfin, puisque la densité de l'air est partout comme la force qui le comprime, il s'ensuit nécessairement que la densité de l'air diminue à mesure que l'on s'élève au-dessus de la surface de la terre.

837. Mais jusqu'à quel point l'air est-il capable de se dilater et de se condenser? La solution de ce problème a échappé jusqu'ici à l'activité des physiciens. Boyle a observé que l'air peut se dilater au point de devenir 10,000 fois plus rare qu'il n'est dans son état naturel. Halley, Huyghens, Papin, l'ont vu 60 fois plus condensé que celui que nous

respirons. Ces termes de dilatation et de condensation de l'air ne sont sans doute pas ceux où s'arrête la nature : il y a néanmoins une limite qu'il lui est impossible de franchir. La condensation ne peut aller jusqu'à la pénétration des parties ; et si la dilatation de l'air augmente avec sa distance à la surface de la terre , son ressort sera aussi d'autant plus affoibli , que la force avec laquelle chaque molécule d'air tend à s'éloigner de celles qui sont au-dessous d'elle , sera devenue moindre que la force de la pesanteur qui les ramène constamment vers le centre de la terre. La dilatation de l'air aura donc son terme au point où ces deux forces opposées seront égales.

838. Quoiqu'à cause de sa pesanteur, l'air ne puisse se dilater au-delà d'un certain terme , il n'est pourtant pas possible de fixer avec précision les limites de l'atmosphère : car comme l'air peut devenir de plus en plus rare , une masse d'air dont le poids égale celui d'une colonne de mercure de 76 centimètres (28 pouces) pourra aussi de plus en plus s'étendre et devenir plus rare , de manière que les limites de l'atmosphère se reculent à l'infini : nous devons donc nous borner à déterminer le degré de raréfaction de l'air à une distance donnée de la surface de la terre.

Soit un vaisseau xyx (fig. 98), dont le fond ay touche la surface de la terre, et dont la partie supérieure xx aboutisse à l'extrémité supérieure de l'atmosphère. Imaginons le côté ax divisé en plusieurs parties ab , bc , cd , etc., chacune de 27 millimètres (1 pouce), et soient menées les lignes bk ,

cl, *dm*, etc. parallèles à *ay*. Il est clair que l'air renfermé dans l'espace *bkcl* est plus rare que l'air contenu dans l'espace *aybk*. L'air renfermé dans l'espace *cdml* est plus rare que celui que contient l'espace *bkcl*; et ainsi de suite, l'air de chaque couche de 27 millimètres (1 pouce), est plus rare que celui de la couche qui est immédiatement dessous. Supposons à présent que chaque couche d'air de 27 millimètres soit partout de la même densité, mais cependant plus dense que celui de la couche supérieure. Supposons encore que l'air contenu dans l'espace *bl* soit réduit en un moindre volume, en sorte qu'il prenne la même densité que l'air *ak*, ce qu'il est facile de déterminer en faisant l'espace *bq* moindre que *bl* dans le même rapport que l'air *bl* est moins dense que l'air *ak*; soit de même l'air *cm* réduit à l'espace *cr*; l'air *dn*, à l'espace *ds*, etc.; en un mot, que chaque couche d'air soit réduite à la même densité que l'air *ak*. Il est évident par cette construction, que les espaces *ak*, *bq*, *cr*, *ds*, etc., sont comme les densités respectives de toutes les couches *ak*, *bl*, *cm*, *dn*; et conséquemment, que la quantité, ou le poids de l'air qui s'étend de chacun de ces espaces jusqu'à l'extrémité de l'atmosphère, sera comme la somme de tous les espaces réduits qui se trouveront au-dessus de l'espace proposé; ainsi la quantité ou le poids de l'air au-dessus de l'espace *ak*, sera comme la somme des espaces *bq*, *cr*, *ds*, *fu*, etc.; car l'air étant partout réduit à la même densité, sa quantité ou son poids sera comme l'espace qu'il occupe.

Cela posé, la densité de l'air est comme la force qui le comprime, n° 831 : donc la densité de l'air à chaque distance de la surface de la terre est comme la quantité ou le poids de la partie de l'atmosphère qui repose sur lui : donc les densités de l'air en ak, bl, cm , sont l'une à l'autre respectivement, comme les quantités d'air au-dessus de bk, cl, dm ; mais nous avons vu que ces densités sont comme les espaces ak, bq, cr , respectivement; et les quantités qui s'étendent jusqu'au haut de l'atmosphère sont aussi comme les espaces $xbBqrstux, xcRrstux, xdSstux$: donc les espaces ak, bq, cr sont entr'eux respectivement comme $xbBqrstux, xcRrstux, xdSstux$; mais les premiers espaces ak, bq, cr sont les différences des derniers : donc les espaces ak, bq, cr sont en progression géométrique, lorsque les distances ab, ac, ad sont en progression arithmétique; et comme les densités de l'air qui est dans ces trois premières couches sont en progression géométrique, les densités de celui des autres couches que nous supposons formées jusqu'au haut de l'atmosphère, décroissent aussi suivant la même progression.

839. La rarité d'un corps étant en raison inverse de sa densité, il s'ensuit que quand les distances de la surface de la terre croissent en progression arithmétique, les différens degrés de rarité croissent en progression géométrique, et conséquemment, que le degré d'élévation est partout proportionnel au logarithme de la rarité : d'où il résulte que si nous connoissons par l'expérience, la rarité de l'air à une élévation quelconque, nous trouverons quelle

est sa rarité à une élévation proposée, en faisant la proportion suivante. Comme l'élévation à laquelle l'expérience a été faite, est à l'élévation proposée, ainsi le logarithme de la rarité de l'air à la première élévation est au logarithme de sa rarité à la hauteur proposée. Ainsi, il suit de la fameuse expérience faite par Perrier sur la montagne du Puy-de-Dôme, qu'à la hauteur de 12,000 mètres, l'air est quatre fois plus rare qu'à la surface de la terre.

Nous avons supposé jusqu'ici que l'air de chaque couche de 27 millimètres de hauteur, est de même densité dans toute son étendue. Cette supposition n'est pas exacte; car la densité de l'air varie pour peu que la hauteur change. La conclusion que nous en avons tirée n'en est pourtant pas moins certaine, parce que si au lieu de diviser l'atmosphère en couches de 27 millimètres (1 pouce) de hauteur, comme nous l'avons fait, nous la divisons en couches infiniment petites, et qu'on leur applique ce que nous avons dit des couches de 27 millimètres, on obtiendra toujours le même résultat.

840. L'élasticité de l'air étant une fois bien connue; il est facile de démontrer qu'il est impossible de faire le vide parfait à l'aide de la machine pneumatique. Toutes les fois qu'on élève le piston, il se fait dans le corps de pompe un vide, qui est subitement rempli par l'air du récipient qui continue d'y passer jusqu'à ce qu'il ait la même densité dans le corps de pompe et dans le récipient; car si sa densité dans le corps de pompe étoit moindre que dans le récipient, sa force élastique qui est toujours

proportionnelle à sa densité, seroit aussi moindre, et laisseroit conséquemment encore passer de l'air du récipient dans la pompe, jusqu'à ce qu'enfin les densités fussent égales : d'où il résulte que l'air qui reste dans le récipient après chaque coup de piston, est à celui qui étoit dans ce récipient, immédiatement avant ce coup, comme la capacité du récipient est à la capacité de la pompe et du récipient pris ensemble; c'est-à-dire, que la quantité d'air du récipient diminue à chaque coup de piston, en raison de la capacité du récipient à celle du même récipient et du corps de pompe pris ensemble : chaque reste est donc toujours moindre que le reste précédent dans la même raison donnée; d'où il suit qu'ils sont tous dans une progression géométrique décroissante; et conséquemment que le vide parfait ne peut exister dans le récipient qu'après un nombre infini de coups de piston, ce qui est impossible.

Pour rendre cette vérité plus sensible, supposons la capacité du récipient double de celle du corps de pompe; après le premier coup de piston, le reste est les $\frac{2}{3}$; par la même raison le reste après le second coup, est les $\frac{4}{9}$ du reste précédent ou $\frac{4}{9}$, et ainsi de suite; cette diminution étant toujours dans la même raison de 2 à 3, il s'ensuit que les quantités d'air restantes dans le récipient, décroissent en progression géométrique.

Il nous reste à parler de plusieurs machines à air dont le mécanisme est aujourd'hui aussi généralement connu que la cause des effets qu'elles produisent. Nous nous bornerons à dire un mot de

la fontaine de compression et de la fontaine d'Héron.

841. La fontaine de compression est composée d'un vaisseau de cuivre AB (fig. 99) porté sur un pied CD. On y joint un canal NO ouvert de part et d'autre, garni d'un robinet R qui s'ajuste à vis au vaisseau, et dont le bout inférieur O descend à une ligne près du fond. Pour mettre cette machine en jeu, on la remplit d'eau environ jusqu'aux deux tiers de sa capacité; par exemple, jusqu'en AB, et cela par l'endroit où se visse le canal NO. On remet ce canal en sa place : on dévisse le petit ajutage N; et on lui substitue une petite pompe foulante PQ (fig. 100) qui sert à faire entrer beaucoup d'air. On ferme ensuite le robinet R, et on ôte la pompe pour lui substituer l'ajutage percé d'un ou plusieurs trous.

La pompe reçoit l'air par un orifice pratiqué vers P, au-dessous duquel on élève le piston; et ce même piston, en descendant, le force de passer par un petit trou pratiqué au fond, et sur lequel on a mis en dehors une soupape, pour empêcher que l'air ou l'eau revienne dans la pompe, quand on élève de nouveau le piston. L'air ainsi poussé par le piston traverse donc le canal NO; il s'élève par sa légèreté au-dessus de l'eau, se réunit à l'air qui occupe la place ANB, et augmente conséquemment sa densité. Cet air acquiert donc par la compression une force élastique supérieure à la pression de l'air extérieur qui résiste à l'orifice N du canal. Cette force agit sur

la surface AB de l'eau, et la détermine à monter par le canal ON, avec d'autant plus de vitesse, que la densité de l'air renfermé dans le vaisseau, l'emporte davantage sur celle de l'air extérieur.

Après avoir fortement comprimé l'air en ANB, si on ouvre le robinet R, l'eau s'élance et s'élève d'abord à la hauteur de 9 ou 10 mètres (environ 30 pieds); mais bientôt après, la densité de l'air qui donne l'impulsion à l'eau, diminue; sa force élastique décroît dans le même rapport, et la hauteur du jet devient moindre.

842. La fontaine d'Héron est composée de deux boîtes creuses, de métal AB, EF (fig. 101), auxquelles on peut donner une forme quelconque. Ces boîtes sont réunies à la faveur des tuyaux de même matière CD, IK, ML, et surmontées d'un bassin GH. Le tout est porté sur un pied quelconque. Le bassin GH communique à la boîte supérieure AB, par le tuyau CD ouvert en D, et qui porte en C un ajutage qu'on y visse au besoin. Le tuyau se vissant au fond du bassin, peut, selon le besoin, s'ôter et se remettre en place. Le même bassin GH communique à la boîte inférieure EF par le tuyau IK, ouvert aux deux bouts, et qui aboutit jusques vers le fond de la boîte. Enfin les deux boîtes communiquent entr'elles par le tuyau ML ouvert aux deux extrémités, et traversant la boîte supérieure AB dans presque toute sa hauteur. Pour mettre cette fontaine en jeu, on remplit en grande partie d'eau, la boîte supérieure après avoir dévissé le tuyau CD, qu'on

remet ensuite à sa place : et on verse de l'eau dans le bassin GH, de manière que le tuyau IK soit toujours plein.

L'eau qui fait effort pour descendre dans la boîte inférieure EF pèse sur la masse d'air qui remplit sa capacité. L'air comprimé s'échappe par le tuyau LM, et exerce toute l'activité de son ressort sur la surface AB de l'eau qui remplit la boîte supérieure, et cette eau comprimée s'élance en forme de jet par le tuyau DC.

NOTE.

Les problèmes qui suivent serviront en même temps à exercer la sagacité des jeunes amateurs de la Physique, et à démontrer l'importance des principes que nous venons d'établir.

Premier Problème. On a sur de l'eau un tube cylindrique, en partie plein d'air; sa hauteur au-dessus du niveau du réservoir est de 100 centimètres, et l'eau y monte de 40 centimètres, de sorte que l'air n'en occupe que 60. On demande de combien il faut enfoncer ce tube pour que l'eau y soit à la même hauteur que dans le réservoir.

Avant l'immersion, l'élasticité de l'air intérieur, plus la colonne de 40 centimètres d'eau qui se trouvoit dans le tube, faisoit équilibre à la pression de l'atmosphère, c'est-à-dire à une colonne d'eau de 1040 centimètres; l'élasticité de l'air intérieur étoit donc égale à la pression d'une colonne de 1000 centimètres d'eau. Cela posé, soit x la quantité dont on doit enfoncer le tube dans le réservoir, $100 - x$ sera la hauteur du tube au-dessus de l'eau, et conséquemment l'espace occupé par l'air après l'immersion; mais, pour qu'il y ait équilibre, la force élastique de l'air compris dans cet espace doit être égale à celle de l'air extérieur, qui est représentée par 1040 centimètres; de plus, l'élasticité d'une masse donnée d'air varie en raison inverse de son volume; donc $100^{\circ} - x : 60^{\circ} :: 1000^{\circ} : 1040^{\circ}$; donc $104000 - 1040x = 60000$, ou en réduisant $1040x = 44000$

et $x = \frac{46000}{1040} = 42^c \frac{4}{13}$. Donc enfonçant le tube de $42^c \frac{4}{13}$, l'eau y descendra au même niveau que dans le réservoir.

Second problème. KLMN (fig. 102) est un récipient cylindrique exactement fermé, qui est rempli d'air jusqu'en AB; il communique par le tube recourbé *abcd*, avec une cloche cylindrique mobile STU en partie pleine d'air et renversée dans une cuve d'eau EGHF, de manière que les extrémités *a* et *d* du tube de communication, soient toujours au-dessus de l'eau dans le récipient et dans la cloche; enfin la cloche STU est soutenue par le poids P, qui lui fait équilibre à l'aide du treuil ST*p*, et l'eau est au même niveau dans la cloche mobile que dans le réservoir.

On ouvre le robinet R, et on ne le ferme que lorsqu'il s'est écoulé une quantité d'eau connue ABCD. On demande quel sera le mouvement de l'eau dans la cloche, celui de la cloche elle-même et du poids P.

Représentons par *a* la quantité d'eau ABCD, et par V l'espace que l'air occupe dans les deux cloches, $V + a = V'$ sera le volume occupé par l'air après l'ouverture du robinet, en supposant que l'eau ne s'élève pas dans la cloche; représentons encore la base intérieure de la cloche par *b*, et sa base totale par B, $B - b = b'$ sera la base de la paroi de la cloche; enfin, supposons que l'élasticité de l'air extérieur soit égale à la pression d'une colonne d'eau, dont la hauteur est *e*.

L'eau contenue dans ABCD dilate l'air par sa sortie, le liquide monte donc dans la cloche, et augmentant son poids il doit la forcer à descendre; ensorte que nous devons chercher la hauteur dont l'eau monte dans la cloche, et la quantité dont la cloche s'abaisse; je désignerai celle-ci par *x*, et la première par *y*.

La force élastique de l'air est en raison inverse de son volume; mais après l'ouverture du robinet, l'espace occupé par l'air intérieur est égal à V' moins le volume d'eau *by* qui est monté dans le récipient, on aura donc

$$V' - by : V :: e : \frac{eV}{V' - by}$$

qui représente la force élastique de l'air après que l'équilibre s'est établi. L'air intérieur est comprimé en vertu du poids de l'atmosphère e , diminué de la hauteur à laquelle le liquide s'élève au-dessus du niveau EF; cette hauteur est $y - x$, ainsi la force comprimante est $e - y + x$; mais dans le cas d'équilibre elle doit être égale à la force élastique; donc

$$\frac{eV}{V' - by} = e - y + x, \text{ ou } eV = eV' - V'y + V'x - bey + by^2 - bxy;$$

faisant passer tous les termes dans le premier membre, et observant que $V' - V = a$, il vient

$$by^2 - bxy - (V' + be)y + V'x + ae = 0. \quad (1)$$

Pour résoudre le problème, il faut satisfaire à une autre condition, c'est que la cloche soit en équilibre avec le poids P. Les forces qui la sollicitent sont, le poids de la cloche qui tend à la faire descendre, le poids P et la perte que la partie immergée fait de son poids, qui tendent à la faire monter : ces trois forces étoient en équilibre avant l'ouverture du robinet, mais ensuite le poids de la cloche se trouve augmenté par l'ascension de l'eau au-dessus de EF, ce qui détermine une immersion plus profonde de la cloche, et conséquemment une diminution plus considérable de son poids : il faut donc, pour qu'il y ait équilibre, que l'augmentation du poids produite par l'ascension de l'eau, égale la diminution qu'il éprouve par l'enfoncement de la cloche. L'élévation de l'eau au-dessus de ab est $y - x$, le volume d'eau monté dans la cloche, et par conséquent l'augmentation de son poids est donc $(y - x)b$; la perte que fait de son poids la partie immergée située au-dessus de $l'l'$ est égale au poids d'un pareil volume d'eau, c'est-à-dire à $b'x$; donc

$$(y - x)b = b'x, \text{ ou } by = Bx \text{ et } x = \frac{by}{B}. \quad (2)$$

Substituant à la place de x sa valeur dans l'équation (1), on aura

$$(Bb - b^2)y^2 - (BV' + Bbe - bV')y + Bae = 0.$$

Réduisant à l'unité le coefficient de y^2 , et observant que $B - b = b'$, il vient

$$y^2 - \frac{b'V' + Bbe}{bb'}y + \frac{Bae}{bb'} = 0,$$

d'où

$$y = \frac{b'V' + Bbe}{2bb'} \pm \sqrt{\left\{ \frac{b'^2V'^2 + B^2b^2e^2 + 2Bbb'eV'}{4b'b'^2} - \frac{Bae}{bb'} \right\}},$$

je réduis au même dénominateur la quantité sous le signe, ce qui donne en observant que $V' - a = V'$

$$y = \frac{b'V' + Bbe \pm \sqrt{[b'^2V'^2 + B^2b^2e^2 + 2Bbb'e(V-a)]}}{2bb'}. \quad (3)$$

La valeur de x s'en conclut au moyen de l'expression

$$x = \frac{by}{B}; \text{ nous connoissons donc la hauteur dont le fluide}$$

monte dans la cloche et l'abaissement de ce dernier. Pour avoir l'ascension du poids P , il suffit d'observer que les espaces parcourus par les deux cordes tS , pP sont comme les rayons

It , Ip que je représente par R et r ; donc $R : r :: x : \frac{rx}{R}$ hauteur dont s'élève le poids P .

Si l'on n'avait pas égard à l'épaisseur des parois de la cloche STU , b' deviendrait 0 et B égal à b ; l'équation (2) donneroit $x = y$, et l'équation (1) se changeroit en.....

$$-(V' + be)x + V'x + ae = 0, \text{ ou } bex = ae, \text{ donc } x = \frac{a}{b}.$$

CHAPITRE III.

Du son.

843. **Le son** consiste dans un mouvement de vibration, imprimé à un corps sonore, communiqué ensuite par ce corps au fluide qui l'environne, et transmis

transmis enfin par ce fluide jusqu'à l'organe de l'ouïe qui en reçoit l'impression. Nous allons l'envisager sous ces différens rapports.

844. Les molécules des corps qui rendent du son ont un mouvement de vibration ; car si l'on frappe des corps qui ne sont pas élastiques , ils ne rendent aucun son. Ce mouvement de vibration se trouve dans tous les corps sonores ; il est sensible dans les cordes de violon , de harpe , de clavecin ; il se manifeste surtout dans les grandes cloches et dans plusieurs autres corps.

Première expérience. Frappez une cloche de verre mince , que vous tenez à la main par le bouton qui est au-dessus , et approchez son embouchure d'un corps solide en repos : si la distance est petite , la cloche , par son mouvement de vibration , frappera ce corps plusieurs fois.

845. Il importe d'observer que le son ne dépend pas immédiatement de ce mouvement de vibration qui se manifeste à la vue , mais d'un autre mouvement de vibration , dont les moindres molécules sont animées dans le mouvement dont il s'agit.

Deuxième expérience. Une lame de fer à ressort , suspendue à un mouvement de vibration visible , si ayant approché les deux extrémités l'une de l'autre , on les lâche subitement ; cependant aucun son ne se fait entendre. Mais si on la frappe de côté , elle est animée de ce mouvement de vibration visible , et on entend le son.

846. Mais pour qu'un corps élastique rende du son , est-il nécessaire que toutes ses molécules soient

animées d'un mouvement de vibration ? Les belles expériences de Chladni, découvertes en 1784, me paroissent propres à résoudre cette question.

Troisième expérience. On prend par son milieu, entre le pouce et l'index, un plateau de verre homogène, auquel on a donné une forme régulière quelconque, et sur la surface supérieure duquel on a répandu du sable très-fin ; on fait glisser un archet de violon sur le bord, et l'on voit aussitôt un mouvement de vibration s'exciter autour de certains points qui reçoivent tout le sable auparavant disséminé sur la surface, de manière à former une figure régulière, d'autant plus composée que le ton est plus haut. Si l'on tient le plateau d'une autre manière, ou qu'on fasse glisser l'archet sur un autre point, la figure change avec le son.

Cette expérience prouve que le mouvement de toutes les molécules d'un corps élastique n'est point nécessaire pour la production du son. Dans le cas dont il s'agit, plusieurs parties du verre restent parfaitement immobiles, et les autres font leurs oscillations autour de ces points, de manière qu'elles se meuvent dans les deux sens. Les points fixes portent le nom de *nœuds de vibration*.

On observe la même chose dans les cordes vibrantes. Si l'on a une corde tendue et que l'on fasse glisser l'archet sur une partie quelconque de la corde, elle vibre dans toute sa longueur ; mais si l'on met un obstacle au milieu de la corde, ce point ne vibre plus, et la corde se partage pour ainsi dire en deux moitiés, dont chacune vibre séparément.

Si l'obstacle est situé à un autre point quelconque de la corde, non-seulement le point de la corde où se trouve l'obstacle devient un nœud, mais encore toutes les parties aliquotes de la corde. Ainsi si l'on place l'obstacle au tiers de la longueur de la corde, il y a trois nœuds. Il s'en forme quatre, cinq, etc., si l'obstacle se trouve au quart ou au cinquième de la corde.

La sonorité n'appartient pas exclusivement aux corps solides élastiques; les fluides aériformes la partagent. Un coup de fouet qu'un postillon fait retentir, le sifflement d'une baguette secouée avec une grande vitesse, ne sont autre chose que le son rendu par l'air dont les molécules se mettent en vibration, parce qu'elles sont frappées par un corps solide. Dans le son d'une flûte, je ne vois autre chose qu'un certain volume d'air partant de la bouche du joueur, pour frapper une autre masse d'air contenue dans l'instrument. C'est ici l'air qui est le corps sonore : s'il en étoit autrement, c'est-à-dire si les vibrations du bois dont se compose une flûte participoient à la formation du son qu'elle rend, toutes choses égales d'ailleurs, deux flûtes de différente matière devraient rendre des sons différens; ce qui est contraire à l'expérience.

847. *L'air est le milieu à travers lequel le son se propage depuis le corps sonore jusqu'à l'organe de l'ouïe.*

Quatrième expérience. On place sur la platine de la machine pneumatique, deux coussins de coton, sur lesquels on met une petite table de plomb, qui

porte une montre à réveil. On couvre le tout d'un récipient dont on pompe l'air, aucun son ne se fait entendre. Si l'on introduit un peu d'air sous le récipient, aussitôt on entend un son foible qui se fortifie graduellement à mesure que l'air rentre.

L'air est donc le véhicule du son ; tous les gaz permanens ou non permanens, le répandent avec différens degrés d'intensité que M. Perole a déterminés. L'eau purgée d'air le propage ; et, suivant les expériences de Chladni, quelques solides très-élastiques peuvent le transmettre seize à dix-sept fois plus vite que l'air. Ne soyons donc point surpris, 1°. qu'on entende le son après avoir pompé l'air du récipient, si l'on n'a pas soin d'isoler le corps sonore, c'est-à-dire d'empêcher qu'il ne touche immédiatement la platine, ou le récipient ; 2°. qu'on entende distinctement le choc d'une épingle contre l'extrémité d'une longue poutre, lorsqu'on a l'oreille à l'autre bout. Ce qu'il y a de singulier dans cette expérience, c'est que le son perd si peu de sa force pour parvenir à une si grande distance, tandis qu'il est à peine entendu à travers l'épaisseur de la même poutre. La cause de ce phénomène est que les fibres longitudinales du bois sont bien moins interrompues par leur porosité, que ne l'est l'assemblage de ces mêmes fibres, qui forme l'épaisseur de la poutre.

848. Ce qu'il importe de concevoir clairement, c'est la manière dont se fait la propagation du son à travers l'air atmosphérique.

849. Si l'on jette une pierre sur la surface d'une eau tranquille, la surface de l'eau se couvre de vagues circulaires qui naissent successivement de

la pierre comme centre, et s'en éloignent toujours parallèlement, en augmentant de grandeur, jusqu'à ce qu'enfin rencontrant le bord, elles s'évanouissent ou se réfléchissent les unes sur les autres. De même, disent quelques physiciens, les mouvemens de vibration excités dans les corps sonores, produisent dans l'air de semblables vagues, qui, s'étendant à de grandes distances dans des cercles concentriques, parviennent enfin à l'organe de l'ouïe.

Ces mouvemens de l'air et de l'eau ont sans doute quelques traits de ressemblance. Mais ils présentent, sous certains rapports, une espèce d'opposition qui ne permet pas de les confondre.

Quand les molécules du corps sonore prennent un mouvement de vibration, elles sont portées successivement en avant et en arrière; quand elles vont en avant, elles pressent nécessairement les molécules aériennes qui leur sont contiguës, leur impriment un mouvement en avant dans la même direction que le leur, et conséquemment les condensent. Mais quand les parties du corps sonore retournent en arrière, les parties d'air qui avoient été condensées, se rétablissent en se dilatant : d'où il résulte évidemment, que les molécules d'air contiguës acquièrent un mouvement de vibration semblable à celui du corps sonore.

Puisque le corps sonore fait naître un mouvement de vibration dans les molécules d'air qui lui sont contiguës, celles-ci communiqueront un pareil mouvement à leurs voisines; celles-ci à d'autres, et ainsi de suite; et de même que les premières sont con-

densées en allant en avant, et dilatées en retournant en arrière, les dernières sont aussi condensées en avant, et dilatées en retournant en arrière : d'où il suit qu'elles n'iront pas toutes ensemble en avant, et ne reviendront pas toutes ensemble ; car, dans ce cas, leurs distances respectives seroient toujours les mêmes, et conséquemment elles ne pourroient être successivement condensées, ni dilatées ; mais en se choquant les unes les autres quand elles sont condensées, et en s'écartant quand elles sont dilatées, il faut qu'une partie aille en avant lorsque l'autre retourne en arrière, et que cela se fasse successivement depuis la première jusqu'à la dernière.

850. C'est ainsi que se fait la propagation du son par les vibrations successives de l'air, qui, partant du corps sonore, vont aboutir jusqu'à l'organe de l'ouïe ; et comme les vibrations des corps sonores se succèdent par des intervalles de temps égaux, celles qui sont excitées dans l'air par ces différentes vibrations, se succèdent aussi les unes aux autres par des intervalles de temps égaux.

851. Les ondulations de l'air consistent donc dans une dilatation et une condensation réciproques de ses différentes parties, comme celles de l'eau consistent dans un flux et reflux successif et réciproque des parties de l'eau. Les vibrations des parties d'air condensées répondent aux ascensions de l'eau dans le flux, et comme ces parties d'eau, ainsi élevées, descendent par leur pesanteur, de même les parties d'air condensées se dilatent ensuite par la force de leur ressort.

852. Il importe de remarquer que la propagation

des ondes aériennes se fait selon toutes sortes de directions. Car l'air environnant les ondes qui se forment dans la direction du mouvement des parties du corps sonore, étant dans son état naturel, deviendra, tantôt plus rare, tantôt plus dense, selon que celui qui fera ses vibrations sera condensé ou dilaté. Il arrivera donc que quand l'air des ondes se dilatera, celui qui l'environne sera condensé et occupera leur place, c'est-à-dire, que cet air environnant sera plus dense dans le temps des vibrations, et plus rare dans leurs intervalles : il acquerra donc aussi ce mouvement d'ondulation qu'a produit le corps sonore sur les parties qui l'entourent immédiatement. Et comme l'air qui environne celui qui est directement exposé aux premières vibrations, acquiert lui-même ce mouvement, il doit le communiquer à l'air qui l'environne, et ainsi ces ondes s'étendront dans toutes les régions de l'atmosphère, selon toutes les directions imaginables.

853. Tâchons à présent d'apprécier la différence des vitesses des ondes de l'air et de celles de l'eau. Il est aujourd'hui généralement reconnu que tous les sons sont portés à travers l'air avec une vitesse déterminée, sur laquelle l'intensité du son n'a jamais aucune influence. *Gassendi*, et quelques physiciens après lui, imaginant une parfaite analogie entre les ondulations de l'air et celles de l'eau, ont cru que les ondes de l'eau s'étendoient toujours comme celles de l'air, depuis le corps central qui les excite aussi avec une vitesse déterminée, quelle que fût la grandeur ou la force du corps central qui les fait naître.

854. Les académiciens de Florence ont réfuté complètement cette opinion par des expériences multipliées, qui attestent que plus une pierre est large, et plus la force avec laquelle elle est lancée sur la surface d'une eau tranquille est grande, plus aussi les ondes formées ont de vitesse.

855. *Newton* a considéré la nature des vagues de l'eau, la manière dont elles se forment, et de cette seule considération, il a déduit à *priori* les vitesses. Il a conclu que quand la force qui fait naître ces ondes devient plus grande, et conséquemment que quand leurs distances mutuelles sont aussi plus grandes, leurs vitesses augmentent comme les racines carrées de leurs distances; et ce qu'il y a de plus particulier, c'est qu'il fait voir que, dans tous les cas, la vitesse est telle, que si l'on prend la longueur d'un pendule, égale à la distance des ondes, elles parcourront un espace égal à ce même intervalle entre deux ondes, dans le temps que le pendule fera ses vibrations. *Newton* a déduit aussi à *priori* la vitesse du son. Je me bornerai à exposer la méthode générale qui l'a conduit à déterminer cette vitesse.

856. Nous avons vu que pour former les ondes nécessaires à la propagation du son, chaque molécule d'air doit être mue en avant et en arrière, en tournant, pour ainsi dire, dans un espace très-étroit. *Newton* va plus loin: il démontre que ce mouvement en avant et en arrière n'est pas uniforme, mais accéléré et retardé par degrés, et précisément le même que celui d'un pendule. Il conçoit ensuite l'atmosphère réduite partout à une densité uniforme

et semblable à celle de l'air voisin de la surface de la terre. Il détermine la hauteur de l'atmosphère ainsi réduite. Il imagine ensuite un pendule aussi long que cette hauteur, et calcule dans quelle proportion de temps les molécules aériennes et ce pendule achèveront leurs vibrations respectives : en comparant les espaces et les vitesses avec lesquelles ils sont parcourus, il trouve que le temps des vibrations des molécules d'air est à celui des vibrations du pendule, comme la distance des ondes entr'elles, ou comme l'intervalle des vibrations est à la circonférence d'un cercle, dont le demi-diamètre seroit la longueur du pendule ou la hauteur de l'atmosphère réduite; or les ondes en allant en avant décrivent un espace égal à leur intervalle, dans le temps que chaque molécule d'air fait sa vibration : donc le temps dans lequel les ondes parcourent un de leurs intervalles, est au temps dans lequel le pendule fait une de ses vibrations en allant et venant, comme l'intervalle entre les ondes est à la circonférence que nous venons de déterminer.

857. Newton conclut de là que la vitesse de ces ondes de l'air, ou ce qui est la même chose, que la vitesse du son est telle, qu'il pourroit parcourir un espace égal à la circonférence d'un cercle dont le demi-diamètre seroit la hauteur de l'atmosphère réduite, dans le temps qu'un pendule de la même longueur que ce demi-diamètre, feroit une de ses oscillations, ou que la vitesse du son seroit égale à celle qu'acqueroit un corps pesant, en tombant de la moitié de la hauteur de l'atmosphère réduite. D'a-

près ces données, Newton trouve par le calcul, que le son doit parcourir 479,71 mètres (1140 pieds) par seconde.

858. Ce résultat est à peu près conforme aux expériences qui ont été faites sur cet objet avec le plus grand soin par Thury, Maraldi et La Caille, sur une ligne qui avoit pour termes la tour de Montlhéri et la pyramide de Montmartre. L'observateur étoit placé entre deux. *Voyez les Mémoires de l'Académie. Ann. 1738, pag. 128.*

859. J'ai dit à peu près, 1°. parce que le vent favorable ou contraire peut augmenter ou diminuer cette vitesse. Le vent n'est autre chose qu'une certaine quantité d'air mue en avant d'un mouvement direct et progressif. Si cette masse d'air est mue dans le même sens que les ondes sonores, elles participeront de ce mouvement. Si cette masse d'air se meut en sens contraire, le mouvement des ondes sera retardé, de manière que la vitesse du son augmentera dans le premier cas, et diminuera dans le second proportionnellement à la vitesse du vent.

860. 2°. La chaleur et le froid influent aussi sur la vitesse du son; car puisque l'air est raréfié par la chaleur, la hauteur de l'atmosphère, supposé qu'elle ait partout la même densité, augmentera à proportion de cette expansion, et conséquemment la vitesse du son qui est égale à celle qu'acqueroit un corps pesant en tombant de la moitié de cette hauteur, sera aussi augmentée en raison soudoublée de cette même expansion. On peut dire la même chose des effets du froid, savoir, que la vitesse du son dimi-

nuera en raison soudoublée de la condensation de l'air.

861. 5°. Les variations de la hauteur du mercure dans le baromètre n'ont aucune influence sur la vitesse du son. L'expérience prouve cette vérité, et la théorie la confirme; car quoique l'étendue de l'atmosphère réduite au même degré de densité soit souvent changée, cependant, faisant abstraction des variations produites par la chaleur et le froid, sa densité changera toujours dans la même proportion; sa hauteur sera constante, et conséquemment la vitesse acquise en tombant de cette hauteur, qui est égale à celle du son, demeurera toujours la même: d'où il résulte que la propagation du son est également prompte, soit que l'air soit plus ou moins dense, soit que son ressort augmente ou diminue dans le même rapport que sa densité, et cela arrive toujours, à moins que la chaleur et le froid ne dérangent cette proportion.

862. Les ondes sonores qui rencontrent un obstacle sur leur route sont réfléchies, à la manière des corps élastiques, en faisant leur angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. Le mouvement que ces ondes reçoivent par la réflexion est communiqué à celles qui les suivent, et ainsi de suite, de manière que le son se répand de nouveau suivant toutes sortes de directions, en retournant de l'obstacle vers l'espace qu'il avait d'abord traversé. Ce son réfléchi fait naître dans l'organe de l'ouïe une sensation semblable à celle que produit le son direct. Quelquefois ces deux sensations sont séparées par

de si petits intervalles de temps, qu'elles paroissent se confondre; cela arrive lorsqu'on est placé à une petite distance de l'obstacle. Si l'on se trouve à une certaine distance de l'obstacle, la sensation produite par le son direct est distincte de celle que fait naître le son réfléchi, et l'on a alors ce qu'on appelle un *écho*.

863. Il est facile de rassembler les rayons sonores, et de les condenser comme on condense les rayons lumineux. Cette condensation s'effectue à la faveur d'un cornet de figure parabolique, au fond duquel aboutit un petit canal, dont on place le bout à l'orifice de l'oreille. Par ce moyen, les rayons parallèles sont rassemblés au foyer de la parabole, et la force du son reçoit un nouveau degré d'activité.

864. Le son se distingue du bruit, en ce que le premier est produit par des vibrations régulières et homogènes, qui font naître des impressions sur l'organe de l'ouïe, tandis que le bruit est un trémoussement irrégulier, ou même l'assemblage de plusieurs sons qui font une impression confuse sur l'organe de l'ouïe.

865. La connoissance de la vitesse du son n'est pas une connoissance frivole. On peut l'employer avec avantage, 1°. pour avoir une mesure approchée de la distance qui sépare des lieux éloignés, en observant le temps écoulé entre la lumière aperçue et le bruit entendu; 2°. on peut s'en servir pour déterminer la largeur d'une grande rivière près de son embouchure; 3°. on peut, dans des temps orageux, en tirant, du rivage de la mer, des coups de canon,

préserver du naufrage, des vaisseaux qui, voyant la lumière et entendant le coup, reconnoîtront à quelle distance ils sont du lieu qu'ils veulent éviter ou aborder.

866. Il nous reste à faire voir comment les ondes excitées dans l'air par le mouvement du corps sonore, peuvent faire naître en nous la sensation du son. Les ondes aériennes parviennent à l'oreille et entrent dans le canal qui est à sa partie extérieure. Cette partie extérieure est terminée par une membrane très-déliée et tendue qu'on appelle *tympan*, et qui sépare la partie extérieure de l'oreille de la partie intérieure. Les molécules d'air qui sont voisines de cette membrane, lorsque le mouvement d'ondulation y parvient, frappent le tympan; elles lui communiquent un mouvement de vibration qui est transporté dans l'air que contient la cavité intérieure de l'oreille; quelques petits os sont mis en mouvement par l'agitation du tympan; le mouvement d'ondulation se répand par certains petits canaux disposés d'une manière particulière; toute la surface osseuse de cette cavité est frappée par les molécules aériennes qui sont en mouvement; et il en résulte que le mouvement se communique au nerf auditif qui est adhérent avec l'organe dont nous parlons, et qui pénètre même dans sa cavité. Nous n'entrerons pas dans un plus grand détail sur la structure de l'oreille; ce que nous venons d'en dire suffit pour l'objet que nous nous proposons.

867. Il y a de la différence dans le son par le nombre des ondes produites dans l'air dans un certain temps; car la sensation qu'on éprouve est diffé-

rente, suivant le différent nombre de percussions sur l'organe de l'ouïe.

868. Le ton dépend de ce nombre d'ondes produites dans l'air. Il est d'autant plus aigu, que les secousses dans l'air sont plus fréquentes, et d'autant plus grave, que le nombre des ondes est moindre.

869. Les degrés de hauteur des différens tons sont comme le nombre des ondes excitées dans l'air dans le même temps.

870. Les consonnances viennent de la conve-nance entre les différens mouvemens dans l'air, qui frappent en même temps le nerf auditif.

871. Si deux corps sonores font leurs vibrations en temps égaux, il n'y a aucune différence entre les tons; et cette consonnance, la plus parfaite de toutes, s'appelle *unisson*.

872. Si les vibrations sont comme 1 à 2, la conson-nance se nomme *octave*.

873. Si les vibrations sont comme 2 à 3, c'est-à-dire, si la seconde vibration d'un corps concourt toujours avec la troisième d'un autre corps, la conson-nance s'appelle *quinte*.

874. Les vibrations qui sont comme 3 à 4, donnent une consonnance, que l'on appelle *quarte*.

875. Si les secousses dans l'air sont comme 4 à 5, elle se nomme *tierce-majeure*.

876. On nomme enfin *tierce-mineure*, la conson-nance formée par le concours de la cinquième vibra-tion d'un corps avec la sixième d'un autre.

Des Cordes vibrantes.

Les nombres de vibrations que font des cordes élastiques tendues et pincées par un archet, se composent de divers élémens dont il importe de connoître la nature et les proportions.

877. 1°. Donné même longueur et même diamètre de deux ou plusieurs cordes, les nombres des vibrations dans un temps donné, sont comme les racines quarrées, des poids qui les tiennent tendues.

Soient les deux cordes AB , ab (fig. 103) qui ne diffèrent que par la tension. La première est tendue par un poids comme 1 attaché au point B , et la seconde par un poids comme 4 suspendu au point b . Que la corde AB étant pincée en F , vienne jusqu'en G , et que ab vienne jusqu'en g ; il est visible que les cordes se rétabliront avec une force proportionnelle à leur élasticité, qui sera comme les poids qui les tiennent tendues. Nous pouvons donc comparer ces cordes à deux pendules de même longueur qui sont sollicités de G jusqu'à F et de g jusqu'à f , par des forces attractives dans le rapport de 1 à 4 : donc les temps des vibrations sont comme 2 à 1, c'est-à-dire en raison inverse des racines carrées des forces attractives ou des tensions, n° 547; et conséquemment les nombres des vibrations qui se font dans un temps donné, sont comme les racines carrées de ces tensions.

878. 2°. Si deux cordes de même diamètre et d'inégale longueur sont tendues par des poids égaux; les nombres des vibrations sont en raison inverse

des longueurs. Car, en supposant les longueurs dans le rapport de 1 à 4, il est clair que la tension se partageant uniformément sur les deux cordes, chaque point de la seconde n'aura que le quart de la tension d'un point de la première. On pourra donc, tandis que ces cordes vibreront, les regarder comme des pendules dont les longueurs et les forces attractives sont différentes : donc les temps des vibrations seront en raison directe des racines carrées des longueurs, et en raison inverse des racines carrées des forces attractives, ensorte qu'on aura : le temps des vibrations de la première corde est au temps des vibrations de la seconde comme $\frac{1}{1}$ est à $\frac{2}{2}$, ou comme

1 à 4 : donc les nombres des vibrations sont comme 4 à 1, c'est-à-dire en raison inverse des longueurs.

879. 3°. Supposant deux cordes de même longueur tendues par des poids égaux, les nombres des vibrations sont en raison inverse des diamètres. Car si les diamètres sont dans le rapport de 1 à 2, on pourra concevoir la seconde corde partagée en quatre autres de même grosseur que la première, mais dont chacune aura une tension exprimée par $\frac{1}{4}$. Les nombres des vibrations seront donc comme les racines carrées de ces tensions, c'est-à-dire comme 1 à $\frac{1}{2}$, ou en raison inverse des diamètres.

Il suit de là, qu'à densité égale le nombre de vibrations, dans un temps donné est proportionnel à la racine carrée du poids qui tient une corde tendue, divisée par le produit de la longueur de la corde par son diamètre.

Taylor

Taylor a été le premier conduit à ce résultat, quoique par une méthode différente de celle qui m'a servi à l'établir.

880. Cette théorie fait voir pourquoi dans les instrumens de musique, la partie sonore est toujours disposée de manière qu'on peut en changer facilement les dimensions ou le degré de tension. Les chanterelles d'une vielle montées à l'unisson, figurent les airs, parce que les touches que l'on pousse les accourcissent plus ou moins pour former les tons. Au violon, à la basse, ce sont les doigts qui tiennent lieu de touches en serrant les cordes sur les divisions du manche. Au clavecin, où chaque corde est fixée à un seul ton, l'étendue du jeu vient d'un plus grand nombre de cordes, ainsi que de leur longueur et grosseur différentes. Il en est de même dans les instrumens à vent. Une flûte renferme une colonne d'air, qui est le corps sonore; et la longueur de cette colonne d'air varie suivant le nombre de trous que l'on débouche ou que l'on tient fermés, puisque chacun de ces trous faisant communiquer l'air extérieur avec celui du tuyau, empêche que ce dernier ne reçoive dans toute son étendue les vibrations qui viennent de l'embouchure. Le jeu des doigts n'entre pour rien dans le cor de chasse et la trompette; la différence des tons dépend uniquement de la manière d'augmenter ou de diminuer l'ouverture des lèvres, suivant qu'on veut produire un son plus grave ou plus aigu.

LIVRE VI.

SECONDE PARTIE.

Des Propriétés chimiques de l'air atmosphérique.

881. L'AIR atmosphérique est le dissolvant de l'eau; il alimente la combustion et la respiration : telles sont les principales propriétés chimiques qui distinguent ce fluide aériforme. En parlant de l'eau, nous étudierons la première de ces propriétés. Pour bien apprécier les deux autres, il importe de connaître la nature de l'air atmosphérique.

CHAPITRE PREMIER.

De la nature de l'air atmosphérique.

882. AVANT d'entrer en matière, tâchons de concevoir clairement la construction de l'atmosphère. La chaleur solaire et la chaleur centrale sont les deux causes principales de la chaleur qui chauffe notre planète. La chaleur centrale est, à notre latitude (1) de 12 degrés centigrades. Les observations

(1) La chaleur centrale, c'est-à-dire, la température des

faites depuis un siècle à l'Observatoire de Paris, ne laissent aucun doute sur cet objet; or une chaleur de 12 degrés, est non-seulement insuffisante pour volatiliser les corps qui existent sur la surface du globe, mais même pour y entretenir une douce température. Les régions polaires, privées pendant long-temps de la présence du soleil, se refroidissent à un tel point, qu'on y éprouve les froids les plus vifs et les plus rigoureux. Pendant l'hiver, lorsque le soleil éclaire moins long-temps notre horizon, et que ses rayons y tombent plus obliquement, des froids violens se font sentir dans nos contrées, quoique la chaleur centrale y soit constamment la même. Les corps solides souffrent un refroidissement très-sensible, et plusieurs liquides acquièrent la solidité. Tel est le sort qu'éprouveroit notre planète, si tout-à-coup elle se trouvoit transportée dans une région beaucoup plus froide du système solaire. Malgré l'influence de la chaleur centrale, les liquides se transformeroient en masses solides; les substances gazeuses perdroient la fluidité aériforme pour passer à l'état de liquidité. La chaleur solaire a donc la plus grande influence sur l'entretien de la chaleur qui chauffe notre planète, sur la volatilisation des substances qui existent sur sa surface, et conséquemment sur le dégagement des fluides aériformes qui sont le fruit de cette trans-

couches extérieures de la terre, que nous appelons *souterraines*, est différente à différentes latitudes. Il paraît qu'elle est à son *maximum* à l'équateur. Elle va ensuite en décroissant, à mesure qu'on avance vers les pôles.

formation. L'atmosphère n'est donc autre chose que l'assemblage de toutes les substances susceptibles de se vaporiser, ou plutôt de conserver l'état aériforme au degré habituel de température dans lequel nous vivons, et à une pression égale au poids d'une colonne de mercure de 76 centimètres (28pouces). Ces fluides forment une masse, depuis la surface de la terre jusqu'à la plus grande hauteur à laquelle on soit encore parvenu; et cette première couche est probablement recouverte, comme nous le verrons dans la suite, d'un fluide aériforme particulier, qui s'envole, en vertu de sa grande légèreté, dans les régions supérieures, pour y occuper une place marquée par sa pesanteur spécifique, et pour y donner naissance aux météores les plus frappans que l'atmosphère nous présente.

883. Mais quels sont les fluides aériformes qui composent cette couche inférieure que nous habitons? tel est l'important problème dont nous allons chercher la solution.

884. L'analyse et la synthèse sont les seuls moyens qui soient en notre pouvoir, pour connoître la nature des corps. Lorsqu'on peut les employer tous deux, on forme un corps de preuves, le plus complet et le plus satisfaisant. Dans le sujet qui nous occupe, nous avons l'avantage de les réunir. Nous pouvons décomposer l'air atmosphérique, et le recomposer ensuite avec les mêmes élémens qui résultent de sa décomposition.

Première expérience. On prend une cloche de verre, d'une certaine hauteur, qu'on renverse sur

une soucoupe ou capsule à demi-pleine d'eau, au milieu de laquelle on a fixé une bougie allumée. On voit bientôt la flamme se rétrécir, prendre une couleur bleue, s'éteindre absolument au bout de quelques secondes, et l'eau de la soucoupe monter à peu près jusqu'au quart de la hauteur de la cloche.

Si l'on transporte ensuite la cloche sur l'appareil pneumatologique, et que l'on éprouve l'air qui est resté dans la cloche après la combustion, on trouve qu'il est méphitique, c'est-à-dire impropre à la combustion et à la respiration.

885. 1°. Il est aisé de voir qu'il y a absorption d'air dans cette expérience. Car lorsque la bougie est éteinte, l'eau monte à peu près jusqu'au quart de la hauteur de la cloche; l'ascension de l'eau démontre l'existence du vide, et conséquemment l'absorption d'une partie de l'air contenu dans la cloche. Et qu'on ne dise pas que l'air renfermé sous la cloche est raréfié par la flamme, qu'il s'en échappe même presque toujours quelques bulles au moment où l'on place la cloche sur la bougie, et que, conséquemment, on doit regarder l'ascension de l'eau dans la cloche, comme l'effet de la seule condensation de l'air par le refroidissement, tandis que l'extinction de la bougie a pour cause l'effet de la dilatation de l'air, produite par le calorique. Il est aisé de détruire cette objection, en faisant disparaître les circonstances accessoires qui lui ont donné naissance. Pour cela on place la bougie non allumée dans un grand flacon, après avoir fixé, sur l'extrémité de la mèche,

un très-petit morceau de phosphore ; on ferme ensuite le flacon avec un bouchon portant un tube de verre de 40 à 45 centimètres (15 à 20 pouces) de longueur , qui communique avec une grande cloche placée d'avance sur la tablette d'une cuve hydro-pneumatique , dans la vue de tenir l'air renfermé à la pression uniforme de l'atmosphère. Les choses ainsi disposées , on allume la bougie par le moyen d'une forte lentille , et on observe également et l'extinction de la bougie , et la diminution du volume de l'air , déterminée par l'ascension de l'eau au-dessus du point où elle se tenoit dans la cloche avant l'opération ; d'où il suit invinciblement que l'effet est indépendant , soit de la condensation , soit de la raréfaction de l'air échauffé , et que , conséquemment , l'ascension de l'eau a pour cause l'absorption d'une partie de l'air contenu dans la cloche. 2°. L'absorption de l'air se fait uniquement aux dépens d'un fluide aériforme , capable d'alimenter la combustion , et puisque l'eau monte à peu près jusqu'au quart de la hauteur de la cloche , il s'ensuit que ce fluide aériforme forme le quart de l'air atmosphérique. 3°. L'air qui reste dans la cloche après l'extinction de la bougie est tout à fait méphitique ; il faut donc conclure que l'air atmosphérique est composé d'environ trois parties d'un gaz méphitique , et d'une partie d'un fluide aériforme , propre à la combustion et à la respiration.

886. Cette expérience devient plus intéressante , si l'on place dans la capsule , qui soutient la cloche pleine d'air atmosphérique , plusieurs bougies allu-

mées de différente hauteur. Alors l'extinction des bougies a lieu successivement, en commençant par celle qui a plus de hauteur, parce que le fluide aériforme qui est seul propre à alimenter la combustion, manque plutôt dans la partie supérieure de la cloche, que dans sa partie inférieure ; et cela n'a rien qui puisse exciter de la surprise ; puisque, comme nous le prouverons bientôt, la pesanteur spécifique de ce gaz respirable, est plus grande que celle du gaz méphitique qui concourt avec lui à former l'air atmosphérique. Cette expérience nous a fourni le moyen de séparer les deux gaz qui composent l'air atmosphérique ; mais elle ne nous offre pas celui de recomposer l'air commun avec les éléments qui résultent de sa décomposition. L'expérience suivante nous offrira cette double preuve de la composition de l'air atmosphérique.

887. *Deuxième expérience.* On prend un matras, c'est-à-dire, un globe de verre surmonté d'un long col d'environ 0,1027 mètres cubes (3 pieds cubes) de capacité, dont le col BCDE, d'une longueur assez considérable, est à peu près 15 millimètres (7 lignes) de grosseur intérieurement. On le courbe, comme il paroît représenté (fig. 104), afin qu'il puisse être placé dans un fourneau (1) MMNN, tandis que l'ex-

(1) Un fourneau est une espèce de tour cylindrique creuse, un peu évasée par le haut. Elle a deux ouvertures latérales, une supérieure, qui est la porte du foyer ; l'autre inférieure, qui est la porte du cendrier. Dans l'intervalle de ces deux portes, le fourneau est partagé en deux par une grille placée horizon-

trémité E de son col va s'engager sous la cloche FG, placée dans un bain de mercure RRSS. On met dans ce matras environ 120 grammes (4 onces) de mercure très-pur; ensuite, en suçant avec un siphon qu'on introduit sous la cloche FG, on fait monter le mercure jusqu'en LL. On marque soigneusement cette hauteur avec une bande de papier collé, et on observe exactement le thermomètre et le baromètre. Tout étant ainsi disposé, on allume le feu dans le fourneau, et on l'alimente sans interruption, jusqu'à ce que le mercure soit échauffé presque au degré nécessaire pour le mettre en ébullition.

Le premier jour de l'opération, le mercure est dans un état d'évaporation continuelle, il tapisse l'intérieur des vaisseaux de petites gouttes, d'abord très-fines, qui vont ensuite en augmentant, et qui, lorsqu'elles ont acquis un certain volume, retombent d'elles-mêmes au fond du vase, pour se réunir au reste du mercure. Le second jour, on commence à voir nager, sur la surface du mercure, de petites parcelles rouges, qui, pendant quatre ou cinq jours, augmentent en nombre et en volume : lorsque la calcination du mercure ne fait plus aucun progrès, on éteint le feu, et on laisse refroidir les vaisseaux.

talement, qui forme une espèce de diaphragme, et qui est destinée à soutenir le charbon. On appelle *foyer*, la capacité qui est au-dessus de la grille, parce que c'est dans cette partie qu'on entretient le feu. La capacité qui est au-dessous porte le nom de *cendrier*, parce que c'est dans cette partie que se rassemblent les cendres à mesure qu'elles se forment.

L'air qui reste après cette opération, tant dans le matras que dans son col, se trouve réduit aux cinq sixièmes de son volume, par la calcination du mercure. Il n'est plus propre à la respiration et à la combustion. Les animaux qu'on y introduit y périssent presque subitement, et les bougies allumées s'y éteignent sur-le-champ.

Cette expérience prouve, comme la précédente, par voie d'analyse, que l'air atmosphérique est composé de deux gaz foiblement unis, l'un respirable, et qui forme environ le quart de son volume; et l'autre non respirable, qui en forme les trois quarts. Le mercure échauffé s'empare de la base du gaz respirable, qui forme le quart du volume de l'air contenu dans le matras; le volume de l'air diminue, et il ne reste que cette portion d'air atmosphérique qui est impropre à la respiration et à la combustion. Le mercure a perdu son brillant métallique par sa combinaison avec la base du gaz respirable; et c'est en lui enlevant cette base, que nous allons lui rendre ses premières propriétés, et prouver, par voie de synthèse, la composition de l'air atmosphérique.

888. *Troisième expérience.* On prend la matière rouge qui s'est formée pendant l'opération, dans l'expérience précédente; on l'introduit dans une petite cornue de verre, c'est-à-dire dans un vaisseau qui a la figure d'un œuf, terminé par un tuyau qui diminue insensiblement de largeur, et est légèrement incliné. On adapte à la cornue un appareil propre à recevoir les produits liquides et aériformes qui pourront se sé-

parer. On allume du feu dans le fourneau, après y avoir placé la cornue.

A mesure que la matière rouge s'échauffe, sa couleur augmente d'intensité. Lorsqu'ensuite la cornue approche de l'incandescence, la matière rouge commence à perdre un peu de son volume, et en quelques minutes elle disparaît entièrement. En même temps il se condense dans le petit récipient du mercure coulant, et il passe sous la cloche 158 centimètres cubes (environ 8 pouces cubes) d'un fluide aériforme, qui est très-propre à la combustion et à la respiration. Une bougie allumée, plongée dans le bocal rempli de ce gaz, répand une lumière éblouissante. Un charbon incandescent, au lieu de s'y consumer paisiblement, y brûle avec flamme et avec beaucoup d'activité.

Dans l'expérience précédente, le mercure, en se calcinant, s'est emparé de la base de la partie respirable de l'air atmosphérique, et n'a laissé, dans la cloche, que la partie non respirable. Qu'avons-nous fait dans cette dernière expérience, en faisant échauffer la matière rouge qui avoit résulté de la calcination du mercure ? Nous avons rendu, à la base de la partie respirable de l'air atmosphérique, le calorique qu'elle avoit abandonné pour se combiner avec le mercure. Cette base, en recouvrant le calorique, a recouvré en même temps la fluidité aériforme: nous obtenons donc le même fluide respirable que l'air atmosphérique avoit perdu par la calcination du mercure. L'air atmosphérique est donc com-

posé de deux fluides aériformes, qui ont des propriétés tout-à-fait opposées. On peut s'en convaincre, en mêlant les deux fluides aériformes qu'on a obtenus séparément, je veux dire le gaz méphitique qui est resté dans la cloche après la calcination du mercure, et le gaz respirable qu'on obtient en échauffant la matière rouge qui avoit résulté de la calcination de cette substance métallique. Si l'on fait le mélange de ces deux fluides aériformes, on reforme de l'air en tout semblable à celui de l'atmosphère, et qui est propre, au même degré, à la combustion et à la respiration.

889. 1°. Ces expériences ne laissent aucun doute sur la composition de l'air atmosphérique; elles nous éclairent sur le rapport qui existe entre les fluides aériformes qui en sont les élémens. Lorsqu'elles sont faites avec attention et avec exactitude, elles nous font voir que la proportion du gaz respirable et du gaz méphitique, qui entrent dans la composition de l'air atmosphérique, est dans le rapport de 27 à 73, ou environ de 1 à 3.

890. 2°. Le mercure n'a pas le privilège exclusif de décomposer l'air atmosphérique, et de se calciner par l'absorption de la base du gaz respirable. Tous les métaux partagent avec lui cette singulière propriété. Il n'en est aucun qui ne se calcine, si, à un degré de température très-élevé, il se trouve environné de cette partie de l'air commun qui sert à la calcination. Il n'en est aucun que la calcination ne rende plus pesant, de manière que le poids acquis réponde au poids perdu par l'air, avec toute la précision que

l'on peut se flatter d'atteindre dans ces sortes d'opérations. Il n'en est aucun qui, après la calcination, ne reprenne son brillant et sa ductilité, lorsqu'on lui enlève la base de cette portion respirable de l'air atmosphérique, dont l'absorption lui avoit fait perdre ces belles propriétés. Ces assertions qui ne sont pas équivoques, nous dévoilent déjà les propriétés chimiques de l'air atmosphérique. Pour les apprécier avec plus d'exactitude, il nous reste à étudier séparément, chacun des deux fluides aériformes qui entrent dans sa composition.

CHAPITRE II.

Du gaz respirable qui forme le quart de l'air atmosphérique, ou du gaz oxygène.

891. LE gaz respirable qui forme le quart de l'air atmosphérique, appelé d'abord *air déphlogistiqué* par Priestley, *air de feu* par Scheele, *air vital* ou *air pur* par Lamétherie, a reçu des chimistes modernes le nom de *gaz oxygène*. Nous adoptons cette dernière dénomination, et nous donnerons la raison de cette préférence lorsque nous étudierons la nature de ce gaz.

892. On peut employer différentes substances pour obtenir du gaz oxygène. Le *précipité per se*, qui n'est autre chose que du mercure brûlé, à l'aide du feu, par l'absorption de la base de la partie respirable de l'air atmosphérique; le *précipité rouge*, c'est-à-dire,

du mercure brûlé par un des principes de l'acide nitrique qu'il décompose à l'aide du calorique; une substance métallique, appelée *manganèse*, qu'on arrose d'un peu d'acide sulfurique, etc., en fournissent une plus ou moins grande quantité.

893. Les feuilles des plantes exposées dans l'eau au contact des rayons solaires, exhalent aussi du gaz oxygène très-pur. Celui qu'on retire des autres substances, si l'on en excepte le manganèse et le précipité *per se*, est toujours mêlé d'un gaz méphitique qui altère sa pureté. Aussi emploie-t-on de préférence le manganèse pour obtenir du gaz oxygène.

Première expérience. On met dans une fiole à médecine 60 à 70 grammes (2 ou 3 onces) de manganèse en poudre. On verse dessus de l'acide sulfurique affoibli, en suffisante quantité pour former une pâte liquide; on adapte ensuite à l'ouverture de la fiole un bouchon de liège percé dans son milieu, et enfilé par un tube creux et recourbé, dont une extrémité plonge dans la fiole, tandis que l'autre va s'ouvrir sous l'excavation de la tablette de l'appareil pneumatochimique. A la place de la fiole on peut substituer un flacon à bec recourbé. Ce second appareil est plus simple; mais il est coûteux, et dans ces sortes d'opérations il n'est pas aisé d'éviter le danger de la cassure. Tout étant ainsi disposé, on soumet le mélange contenu dans la fiole ou dans le flacon, à la chaleur douce d'une bougie allumée. Il y a chaleur, effervescence et dégagement du gaz oxygène qui va prendre la place de l'eau que renferme la cloche destinée à le recevoir.

Le manganèse d'où l'on extrait le gaz oxygène, ne contient pas en entier ce fluide aériforme. Il se trouve seulement combiné avec la base de ce gaz. De plus cette base, l'oxygène, a moins d'attraction pour la substance métallique, que celle-ci n'en a pour l'acide sulfurique. L'acide doit donc s'unir au métal, et son calorique se porter sur l'oxygène que le métal abandonne, fondre cet oxygène et lui donner la fluidité aériforme.

894. Le gaz oxygène a des propriétés physiques et des propriétés chimiques. Considéré sous le premier rapport, il est invisible, inodore, élastique; il est pesant, et sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'air atmosphérique. Le rapport de la première à la seconde est celui de 765 à 720.

895. Le gaz oxygène est très-propre à la combustion.

Deuxième expérience. Prenez un morceau de fil de fer de 324 millimètres (1 pied) de longueur, recourbé par en bas pour y implanter un morceau de bougie, et tourné sur lui-même vers le haut, pour qu'on puisse le tenir commodément à la main; allumez cette bougie et plongez-la dans un tube rempli de gaz oxygène. Au moment même de l'immersion, la flamme de la bougie s'agrandit, et la flamme qu'elle répand a tant de force et de vivacité, que l'œil a de la peine d'en soutenir l'éclat. La chaleur produite a aussi beaucoup d'activité.

L'expérience a le même succès si l'on plonge dans le tube rempli de gaz oxygène, un charbon

embrasé. Les physiciens se sont étudiés à la présenter sous différentes formes, et nous devons au docteur Ingenhouz de l'avoir rendue de la manière qui suit, plus agréable et plus frappante.

Troisième expérience. On prend un bout de fil de fer très-fin tourné en spirale; on fixe l'une de ses extrémités dans un bouchon de liége destiné à boucher la bouteille; on attache à l'autre extrémité de ce fil de fer un petit morceau d'amadou. On remplit ensuite la bouteille de gaz oxigène, on allume l'amadou, et on l'introduit, ainsi que le fil de fer, dans la bouteille qu'on bouche promptement. L'amadou commence aussitôt à brûler avec beaucoup d'éclat, il communique l'inflammation au fer qui brûle lui-même en répandant de brillantes étincelles qui tombent au fond de la bouteille en globules arrondis. Le fer ainsi brûlé est plus cassant que le verre; il se réduit facilement en poudre et est encore un peu attirable à l'aimant.

Lorsqu'on plonge une bougie allumée ou un corps quelconque en ignition dans un tube rempli de gaz oxigène, on présente à ce fluide aériforme une substance qui a plus d'attraction pour sa base que cette base n'en a pour le calorique. L'oxigène doit donc abandonner le calorique, perdre sa fluidité aériforme et s'unir au corps ignescent. Le calorique jouissant de sa liberté, s'échappe promptement et donne naissance à la chaleur et à la flamme éclatante qui se manifestent dans ces sortes d'expériences. Nous n'examinerons pas ici ce que devient le corps ignescent, uni à l'oxigène, pour ne pas anticiper sur

des connoissances que l'ordre des choses ne tardera pas à amener.

896. Puisque le gaz oxigène est très-propre à la combustion, on peut l'employer avec avantage pour donner au feu un grand degré d'activité. J'ai fait plusieurs fois cette épreuve, en remplissant une vessie de ce gaz, et en le dirigeant, à la faveur d'un petit tube de verre, sur des charbons embrasés. Lorsqu'on fait ces expériences en grand, on vient à bout de mettre en fusion les matières les plus réfractaires, telles que le fer, le platine, le cristal de roche, le diamant, etc. Les travaux de Lavoisier et d'Achard justifient cette assertion.

897. Le gaz oxigène a beaucoup plus de salubrité que l'air atmosphérique.

Quatrième expérience. Prenez deux oiseaux de la même espèce, qui aient à peu près le même âge et la même vigueur. Exposez l'un de ces oiseaux sous une cloche contenant deux mesures de gaz oxigène; l'autre doit être placé en même temps sous une autre cloche pleine d'air commun, qui ait la même capacité que la première. L'oiseau placé dans la première cloche vit environ trois quarts-d'heure, et lorsqu'on l'en retire, l'air est encore assez pur, tandis que l'oiseau placé sous la seconde cloche, ne vit que pendant un quart-d'heure, et après ce terme, l'air a perdu toute sa salubrité.

L'air atmosphérique n'est propre à la respiration qu'en vertu du gaz oxigène qui entre pour un quart dans sa composition : d'où il suit que l'air respirable contenu dans la cloche remplie d'air commun, est

à l'air respirable renfermé dans la cloche pleine de gaz oxygène, environ comme 1 est à 3. L'oiseau exposé sous la cloche remplie de gaz oxygène, trouve donc un aliment de la vie trois fois plus considérable que celui qui est offert à l'oiseau placé dans la cloche pleine d'air atmosphérique : d'où il résulte que l'oiseau exposé sous la cloche remplie de gaz oxygène, doit vivre trois fois plus de temps que celui qui est placé sous la cloche pleine d'air commun.

898. 1°. Le gaz oxygène étant très-propre à la respiration, on peut l'employer avec avantage dans les maladies de poitrine causées par un engorgement d'humeurs. Nous prouverons, en expliquant les phénomènes de la respiration et de la chaleur animale, que le gaz oxygène se décompose dans l'acte de la respiration, et que le calorique, un des élémens de ce fluide aériforme, passe en grande partie dans le sang qui parcourt les poumons, et se répand avec lui dans tous les organes : le sang recevra donc, par la respiration du gaz oxygène pur, une plus grande dose de calorique, que par la respiration de l'air atmosphérique; et conséquemment le gaz oxygène respiré dans toute sa pureté, pourra détruire le germe des maladies de poitrine, causées par un engorgement d'humeurs, qui annonce toujours l'insuffisance du calorique fourni par l'air commun, pour leur donner une fluidité convenable. Ce remède seroit vraisemblablement nuisible dans les maladies inflammatoires. La grande quantité de calorique que fourniroit au sang le gaz oxygène pur, ne pourroit

servir qu'à donner à l'inflammation un nouveau degré d'activité.

899. 2°. Il est aisé de déduire de ces expériences, que le gaz oxigène, quelque utile qu'il puisse être comme remède, ne nous conviendrait pas dans l'état de santé ; car, puisqu'un corps en ignition se consume beaucoup plus promptement dans le gaz oxigène que dans l'air commun, nous vivrions aussi, pour ainsi dire *trop vite*, dans une atmosphère de ce gaz ; nos forces vitales seroient probablement bientôt épuisées ; et conséquemment nous perdriens en temps, ce que nous gagnerions du côté de la vigueur et de la force.

3°. Le gaz oxigène qui, comme nous le verrons dans la suite, est le seul fluide aériforme propre à la respiration, ne forme que le quart de l'atmosphère qui environne notre planète : gardons-nous d'en conclure que l'atmosphère doit bientôt perdre toute sa salubrité. La nature, toujours attentive à nos besoins, lui a ménagé les moyens de réparer ses pertes. Nous prouverons que les insectes et les plantes exposées au contact des rayons solaires aspirent l'air méphitique, et transpirent du gaz oxigène. Nous prouverons que l'eau composée des bases de deux fluides aériformes, dont l'un est le gaz oxigène, se décompose dans l'acte de la végétation, et que l'atmosphère trouve dans cette décomposition de quoi se dédommager abondamment des sacrifices qu'elle fait en faveur des animaux.

4°. L'air d'une salle qui renferme un grand nombre

de personnes et beaucoup de bougies allumées, doit devenir, après un certain temps, impropre à la combustion et à la respiration. On obvie à cet inconvénient, en ménageant à l'air extérieur des issues à la faveur desquelles il s'introduit dans la salle, porte aux bougies allumées l'aliment nécessaire à la combustion, et fournit aux personnes que la salle renferme, les moyens de respirer avec facilité. On doit prendre de semblables précautions dans les chambres des malades; l'air qu'elles renferment est bientôt vicié, non-seulement par l'absorption du gaz oxygène, mais encore par la grande quantité des vapeurs méphitiques auxquelles la transpiration abondante des malades ne cesse de donner naissance. Il faut donc renouveler cette asmosphère pour lui donner le degré de salubrité qui lui convient. Ce n'est pas qu'il faille ouvrir les fenêtres et les portes d'une chambre de malade sans aucune précaution. Il est des circonstances où le renouvellement de l'air doit être fait avec beaucoup de ménagement et de réserve; mais il n'en est pas moins vrai qu'on doit le faire, et qu'un grand nombre de personnes ont été victimes du funeste et antique préjugé, qu'il faut rendre un malade, pour ainsi dire, inaccessible à l'air extérieur.

900. Il nous reste à étudier la nature du gaz oxygène. Pour y réussir, il importe d'observer que tout fluide aériforme est composé d'une base et de calorique; et que, conséquemment, nos recherches doivent aboutir à connoître la substance qui sert de base au gaze oxygène. Toutes les matières combus-

tibles pourroient nous servir de moyen pour parvenir à cette connoissance; mais nous emploierons de préférence le phosphore, qui jouit éminemment de la propriété d'enlever au calorique la substance qui lui est unie pour former le gaz oxigène.

Cinquième expérience. Prenez une cloche de cristal A de 6 à 7 litres de capacité (fig. 105); remplissez-la de gaz oxigène sur de l'eau; transportez-la ensuite sur le bain de mercure, au moyen d'une capsule de verre que vous passerez par-dessous; séchez la surface du mercure avec du papier gris, tant dans l'intérieur qu'à l'extérieur de la cloche, et introduisez sous la cloche une capsule D contenant du phosphore. Tout étant ainsi disposé, élevez le mercure dans la cloche à la hauteur EF, en suçant avec un siphon de verre GHI (même fig.) qu'on introduit par-dessous la cloche. Pour qu'il ne se remplisse pas en passant à travers le mercure, tortillez à son extrémité un petit morceau de papier, puis avec un fer recourbé rougi au feu, allumez le phosphore. Sa combustion est extrêmement rapide, accompagnée d'une grande flamme et de beaucoup de chaleur. Dans le premier instant de la combustion il se fait une dilatation considérable du gaz oxigène, occasionnée par la chaleur; mais bientôt après, le mercure remonte au-dessus de son niveau, et il y a une absorption considérable. A mesure que la combustion s'opère, l'intérieur de la cloche se tapisse de flocons blancs, légers, qui ne sont autre chose que de l'acide phosphorique concret.

Cette expérience prouve qu'à un certain degré

de température, la base du gaz oxigène a plus d'attraction pour le phosphore que pour le calorique ; que conséquemment le phosphore décompose le gaz oxigène, qu'il s'empare de sa base, et qu'alors le calorique devenu libre, s'échappe et se dissipe en se répartissant dans les corps environnans. Si ces assertions paroissent équivoques, qu'on fasse attention au résidu du gaz oxigène après la combustion du phosphore. Lorsque le gaz oxigène est pur, le résidu après la combustion, reste également pur, ce qui fait voir clairement qu'il ne s'échappe rien du phosphore qui puisse altérer la pureté de l'air, et qu'il n'agit qu'en enlevant au calorique la base du gaz oxigène qui lui étoit unie.

901. Mais pour connoître quelle est la substance qui sert de base au gaz oxigène, examinons ce que devient le phosphore après la combustion. Il s'est converti en une matière blanche floconneuse, très-légère, et cette conversion lui a fait acquérir des propriétés toutes nouvelles. D'insoluble qu'il étoit dans l'eau, non-seulement il est devenu soluble ; mais il attire encore avec avidité l'eau contenue dans l'atmosphère. Avant la combustion, le phosphore n'avoit presque aucun goût ; par son union avec la base du gaz oxigène, il prend un goût extrêmement aigre et piquant. Enfin, de la classe des combustibles il passe subitement dans celle des substances incombustibles.

902. La combustion du phosphore réussit également dans l'air atmosphérique, avec ces deux différences seulement, 1°. que la combustion est beaucoup moins rapide, parce qu'elle est ralentie par la grande

quantité du gaz méphitique qui entre comme élément dans la composition de l'air atmosphérique ; 2°. que le cinquième de l'air, tout au plus, est seulement absorbé, parce que cette absorption se faisant toute aux dépens du gaz oxygène, la proportion du gaz méphitique devient telle vers la fin de l'opération, que la combustion ne peut plus avoir lieu.

903. Ce que nous avons dit du phosphore, nous pouvons le dire du soufre, du charbon, etc. Ces corps combustibles, lorsqu'on les fait brûler dans le gaz oxygène, se convertissent en acides, et cette transformation ne se fait que parce que le corps combustible s'empare de la base du gaz oxygène, pour laquelle, à une certaine température, il a plus d'attraction que cette base n'en a pour le calorique. Cette base jouit donc du privilège de rendre acides les substances qui lui sont combinées, et cette propriété justifie jusqu'à un certain point le nom d'oxygène qu'on a donné à cette base, et celui de gaz oxygène que porte cette base fondue par le calorique.

904. Toutes les substances combustibles qui, sans être acides, se trouvent combinées avec l'oxygène, passent à l'état d'alcali, ou à celui d'oxide. Telles sont les substances métalliques qui, à une certaine température, s'alcanisent ou s'oxident par l'absorption de l'oxygène.

905. Ce que nous avons dit jusqu'ici, nous éclaire en même temps sur la nature du gaz oxygène et sur celle de plusieurs acides. Tous ne sont pas encore parfaitement connus. On a cependant lieu de croire que la plupart sont formés par la combinaison de

l'oxigène avec une substance combustible. Cette substance est simple dans les acides minéraux; elle est composée dans les acides végétaux et animaux. Ceux-ci résultent de la combinaison de l'oxigène avec une base au moins double, quelquefois triple.

Le gaz oxigène joue un rôle important dans un grand nombre de phénomènes remarquables, tels que la combustion, la respiration, la végétation, etc. Aussi aurons-nous souvent occasion de parler de ce fluide aériforme, et de développer avec plus d'étendue les propriétés qui le distinguent.

CHAPITRE III.

Du Gaz nitrogène ou azote.

906. LE gaz nitrogène, appelé *air phlogistique* par Priestley, air corrompu, par Schéele, gaz azote, par Lavoisier, est ce fluide aériforme qui, mêlé avec le gaz oxigène pur, dans le rapport d'environ 3 à 1, constitue l'air atmosphérique.

M. Davy a fait un grand nombre d'expériences pour décomposer la base du gaz nitrogène ou azote. J'aurai bientôt occasion de faire connoître les résultats qu'il a obtenus, et les conjectures qu'ils ont fait naître sur la nature du nitrogène.

907. On connoît plusieurs moyens également propres à obtenir le gaz nitrogène dans toute sa pureté.

1°. On emploie avec succès le sulfure de potasse, c'est-à-dire la combinaison du soufre avec la potasse, qu'on expose dans des cloches à une quantité donnée d'air atmosphérique. Le gaz oxygène est absorbé, et lorsque l'absorption est complète, le gaz nitrogène reste pur. Ce procédé est dû à Schéele.

2°. M. Berthollet a obtenu du gaz nitrogène, en traitant la chair musculaire ou la partie fibreuse du sang bien lavée, avec l'acide nitrique foible, dans un appareil propre à recueillir les gaz. Il importe d'observer que les matières animales soient bien fraîches, car si elles sont altérées par la fermentation, elles donnent du gaz acide mêlé au gaz nitrogène.

3°. Fourcroy a observé que les vessies natatoires des carpes, dans lesquelles Priestley avoit déjà reconnu de l'air, sont pleines de gaz nitrogène. Pour le recueillir, il suffit de briser ces vessies dans des cloches pleines d'eau.

908. Les propriétés physiques du gaz nitrogène sont à peu près les mêmes que celles de l'air atmosphérique. Sa pesanteur spécifique peut cependant le faire distinguer. En pesant un égal volume de ces deux fluides aériformes, on trouve que le poids du gaz nitrogène est à celui de l'air commun dans le rapport de 675 à 720.

909. Le gaz nitrogène est impropre à la combustion et à la respiration. Il est aisé de se convaincre, à la faveur des procédés déjà indiqués, que ce fluide aériforme éteint subitement les bougies allumées, et

tue promptement les animaux qu'on y plonge. Cette propriété chimique ne sauroit le faire distinguer des autres substances gazeuses ; elle est commune à tous les fluides aériformes , à l'exception du gaz oxygène et de l'air atmosphérique ; mais le gaz nitrogène a des propriétés négatives bien propres à faire reconnoître sa présence. Toutes les substances aériformes méphitiques sont ou acides , ou inflammables , ou solubles dans l'eau , et le gaz nitrogène ne jouit d'aucune de ces propriétés.

910. Le gaz nitrogène est très-propre à la végétation.

Expérience. On met une plante, un jet de menthe, par exemple, à végéter sous une cloche remplie de gaz nitrogène ; on expose en même temps une plante de la même espèce et semblable, autant qu'il est possible, à la première, sous une jarre pleine d'air atmosphérique. La première croît beaucoup plus vite que la seconde à la même exposition.

Les plantes reçoivent leur nourriture, non-seulement par les racines, mais encore par les feuilles. Par les feuilles, elles aspirent les substances gazeuses propres à les alimenter. Les gaz aspirés sont portés dans tous leurs organes, à la faveur de certains vaisseaux qu'on appelle *trachées*, pour s'y combiner avec d'autres substances, ou pour y exercer des fonctions favorables à la végétation. C'est ainsi que le gaz nitrogène favorise l'accroissement des plantes. Aucun fluide aériforme ne jouit comme lui de cette propriété.

911. 1°. Les substances animales et végétales se

décomposent par la putréfaction. Cette décomposition donne naissance au dégagement d'une grande quantité de gaz nitrogène. Ce fluide aériforme donne aux plantes qui végètent, plus de force et de vigueur : d'où il résulte que les substances animales et végétales en putréfaction, doivent favoriser la végétation. C'est pourquoi les agriculteurs font répandre du fumier avec profusion sur les terres arides qu'ils veulent fertiliser.

2°. Les animaux transpirent le gaz nitrogène, et absorbent la partie oxygénée de l'air atmosphérique; les plantes, au contraire, exhalent le gaz oxygène et aspirent le gaz nitrogène. C'est cette opposition d'effets qui garantit à l'atmosphère la pureté qui lui convient : d'où il résulte que la végétation est un des moyens les plus propres que la nature emploie pour purifier l'atmosphère.

3°. De ce que les plantes qui végètent absorbent le gaz nitrogène et transpirent le gaz oxygène, quelques physiciens ont conclu qu'on pouvoit les employer avec avantage, pour rendre à l'air contenu dans des chambres ou dans des salles bien fermées, le degré de pureté qui lui convient, et qu'il doit nécessairement perdre faute de communiquer librement avec l'air extérieur; mais les expériences d'Ingen-Houz et de Sennebier ne nous permettent pas de croire à l'efficacité de ce moyen. Il résulte des travaux de ces célèbres physiciens, que les feuilles des plantes exposées aux rayons du soleil, rendent à l'atmosphère le fluide vivifiant sans cesse détruit par la combustion et la respiration; mais l'ombre change entière-

ment cette propriété bienfaisante des feuilles, qui ne donnent plus que du gaz méphitique lorsqu'elles sont privées du contact de la lumière. Les végétaux ne peuvent donc servir à purifier l'atmosphère des chambres et des salles bien fermées. Ceux qui ont reçu leur dernier degré d'accroissement ne manqueroient pas d'être nuisibles par la production du gaz méphitique, à laquelle la fermentation donne naissance.

4°. Quelques insectes partagent avec les plantes le privilège d'absorber le gaz nitrogène. Les mouches, les papillons, etc. vivent parfaitement bien dans les substances gazeuses qui résultent de la putréfaction des substances animales et végétales. Priestley a répété souvent avec succès ces sortes d'expériences. Il s'est vu quelquefois obligé de retirer les plantes plongées dans le gaz nitrogène, pour les débarrasser des essaims de pucerons dont elles étoient couvertes; et quelques-uns d'entr'eux se cachotent encore si bien et se multiplioient si rapidement, qu'il pouvoit rarement en conserver les plantes tout-à-fait exemptes.

912. Cette propriété d'absorber le gaz nitrogène n'est pas le seul point d'analogie que les insectes et les végétaux offrent aux regards du physicien.

1°. Leurs organes respiratoires sont conformés de la même manière; ils sont disposés sur tout le corps du végétal et de l'animal. 2°. La plante et l'insecte transpirent l'un et l'autre du gaz oxygène. Fontana a trouvé dans les eaux stagnantes plusieurs insectes qui, exposés au soleil, donnoient du gaz oxygène.

3°. Les insectes fournissent encore à l'analyse des produits semblables à ceux des plantes, tels que des résines, des huiles volatiles, etc.

Le gaz nitrogène dépouillé de son calorique, est la base de l'acide nitrique, de l'acide nitreux et de l'ammoniaque. Les preuves qui établissent ces vérités, trouveront dans cet Ouvrage une place marquée par la loi que nous nous sommes faite de ne procéder, autant qu'il est possible, que du connu à l'inconnu.

Du Gaz nitrogène phosphoré.

On appelle ainsi le gaz nitrogène tenant en dissolution du phosphore.

913. Si l'on met du phosphore dans une cloche pleine de gaz nitrogène, le phosphore s'y dissout avec facilité, s'y résout en vapeur, sature le gaz nitrogène sans y brûler, sans y répandre la moindre clarté; mais si l'on mêle le gaz nitrogène phosphoré avec du gaz oxygène, même à une basse température, il y a combustion lente, dégagement de calorique et production de lumière : de là vient, que si l'on ajoute du gaz oxygène au résidu de l'air atmosphérique décomposé par le phosphore, de quelque manière qu'on ait fait cette analyse, le mélange de ces deux gaz répand une clarté très-sensible; ainsi le phosphore ne peut brûler lentement, et passer à l'état d'acide phosphoreux dans le gaz oxygène, qu'après avoir été dissous dans un autre gaz, ou qu'autant que le gaz oxygène est mêlé d'un autre fluide élastique qui peut d'abord dissoudre le

phosphore. Si l'on met du phosphore dans l'air atmosphérique, il commence à se dissoudre dans le gaz nitrogène, et il ne se combine avec l'oxigène qu'après cette dissolution.

Du Gaz nitrogène sulfuré.

On a donné ce nom au *gaz nitrogène* qui tient du soufre en dissolution.

914. Pour obtenir ce fluide élastique, il suffit de faire chauffer du soufre dans un vase rempli de gaz nitrogène.

915. Le gaz nitrogène sulfuré est fétide; il dépose une partie du soufre qu'il contient, par une simple diminution de température. Il jouit d'ailleurs de toutes les propriétés physiques qui distinguent les fluides élastiques.

LIVRE VII.

De l'Eau.

916. L'EAU est un fluide transparent, sans couleur, sans odeur, jouissant d'une grande mobilité, et susceptible de prendre différens états d'agrégation. Elle se présente quelquefois sous la forme d'un solide, le plus souvent sous celle d'un liquide; dans certaines circonstances elle prend la forme gazeuse. Pour bien connoître l'eau, il importe de l'envisager sous ces différens états, et d'étudier ensuite sa nature.

PREMIÈRE PARTIE.

De l'Eau considérée dans ses différens états d'agrégation.

CHAPITRE PREMIER.

De l'Eau à l'état solide ou de la glace.

917. LA glace n'est autre chose que de l'eau qui a quitté l'état liquide pour passer à celui de solide. L'opération de la nature, qui fait éprouver à l'eau cette espèce de métamorphose, est connue sous le nom de *congélation*.

918. La congélation a été pendant long-temps un mystère inaccessible à la sagacité des physiciens. Gassendi, La Hire et plusieurs autres savans avoient imaginé l'existence des atomes frigorifiques qui s'insinuent à travers les pores d'un liquide, et altèrent par degrés le mouvement de ses molécules, jusqu'à ce qu'elles soient fixées à un corps extrêmement solide.

Mussembroek a soutenu, contre ces derniers, que le froid consiste dans la privation du calorique; mais admettant entre le froid et la congélation une différence sensible, il a imaginé une matière suspendue dans l'air, qui pénétrant les molécules de

l'eau, fixe leur mobilité respective et détermine leur passage à la solidité. La gelée est considérable si cette matière se trouve abondamment dans l'atmosphère. La gelée est foible ou nulle, quoique le froid soit rigoureux, lorsque l'air environnant ne contient que peu ou point de cette substance.

Mais laissons là ces hypothèses, que la Physique à justement condamnées à l'oubli, du moment que l'observation et l'expérience se sont réunies pour en attester la fausseté.

919. L'eau passant de l'état de liquide à celui de solide, perd une partie du calorique qui lui est propre.

Expérience. Plongez deux thermomètres, l'un dans l'eau qui se change en glace, l'autre dans une atmosphère assez froide, pour faire geler l'eau. L'expérience fait voir que le premier marque quelques degrés au-dessus de zéro, tandis que le second reste constamment à zéro ou au-dessous : d'où il résulte qu'une partie du calorique combiné avec l'eau liquide, l'abandonne dans son passage de cet état à celui de solide, et conséquemment que l'eau solide ou la glace n'est autre chose que de l'eau liquide, moins une certaine quantité de calorique.

Quand la glace passe à l'état de liquide, il se produit du froid dans l'air environnant. Cela vient sans doute de ce que l'eau ne peut passer de l'état de solide à celui de liquide, sans recouvrer la même quantité de calorique qu'elle avoit perdue dans son passage à l'état de solide, et qui ne peut lui être fournie que par l'atmosphère environnante.

920. Le contact de l'air favorise beaucoup la formation de la glace ; car si l'on ferme exactement l'orifice d'un vase qu'on a rempli d'eau, elle se gèle très-lentement, quoiqu'elle soit soumise à un degré de froid plus que suffisant pour la congélation. Au même degré de froid la congélation est rapide, du moment que l'eau devient accessible à l'air extérieur.

Ce phénomène est semblable à celui de la cristallisation des sels, que la présence de l'air rend toujours plus rapide.

921. Un léger mouvement accélère la formation de la glace. L'expérience atteste cette vérité ; et comme on observe la même chose dans la cristallisation des sels, ces deux phénomènes offrent divers points d'analogie, qui nous portent à conclure que la congélation est une véritable cristallisation. Les observations du célèbre Mayran confirment cette conclusion : ce physicien rapporte que lorsque la congélation n'est pas très-prompte, la glace se présente sous la forme d'aiguilles adhérant les unes aux autres sous un angle de 60 ou 120 degrés.

922. La glace flotte sur l'eau : d'où il résulte qu'elle a plus de volume, et conséquemment moins de pesanteur spécifique que n'en avoit avant la congélation l'eau qui a servi à la former. Cette augmentation du volume de l'eau, dans son passage de l'état de liquide à celui de solide, donne naissance à des effets qui ont dû d'abord exciter de la surprise.

Un canon de fer rempli d'eau et bien fermé,

ayant été exposé par Huyghens à une forte gelée, creva en deux endroits au bout de douze heures.

Les académiciens de Florence ont fait rompre, par un moyen semblable, plusieurs vaisseaux métalliques de forme sphérique. Ne soyons donc point surpris que la même cause soulève le pavé des rues; qu'elle fasse crever les tuyaux des fontaines, quand on n'a pas la précaution de les tenir vides; qu'elle fende les pierres, et qu'elle détruise le tissu des végétaux.

923. Mais comment allier l'augmentation du volume de l'eau passant de l'état de liquide à celui de solide, avec le rapprochement réel de ses molécules, nécessité par l'abandon du calorique.

Pour expliquer ce phénomène, il importe d'observer, 1°. que l'eau contient plus ou moins d'air, à moins qu'on l'en ait purgée par des procédés chimiques; 2°. que l'air contenu dans l'eau s'y trouve dans un état de dissolution, par ce liquide qui lui a donné sa forme et sa densité, comme l'attestent la théorie des dissolutions et les expériences de Mariotte, desquelles il résulte qu'une très-petite masse d'eau contient de l'air qui, rendu à son état de liberté, a beaucoup plus de volume que la masse d'eau qui le tenoit en dissolution; 3°. que dans l'acte de la congélation, l'eau abandonne l'air qu'elle tenoit en dissolution, et qui conséquemment reprend l'état élastique que la dissolution lui avoit fait perdre.

Il suit de là que l'air dissous dans l'eau avoit une densité à peu près égale à celle du liquide, c'est-à-

dire, environ huit cents fois plus grande que sa densité ordinaire : donc, en reprenant son état élastique, il occupe un espace à peu près huit cents fois plus grand qu'auparavant. Il tend donc à écarter les différentes couches d'eau, à mesure qu'elles passent à l'état solide, et à augmenter ainsi le volume total de la masse où il est alors emprisonné.

Mais indépendamment de l'air dissous dans l'eau, ce liquide peut acquérir plus de volume en passant à l'état de solide, quoique ses molécules se rapprochent réellement : car la congélation s'opère en vertu d'une force de cristallisation qui peut faire qu'il se forme entre les divers cristaux des espaces vides, dont la somme fasse plus que compenser le rapprochement qu'éprouvent les molécules par la retraite du calorique ; d'où doit nécessairement résulter une augmentation de volume. Plusieurs expériences que j'ai faites avec soin viennent à l'appui de cette conclusion. Il m'est arrivé souvent d'exposer sous la cloche pneumatique à l'action de la gelée, des fioles à médecine pleines d'eau bien purgée d'air. La rupture des fioles a toujours attesté une augmentation sensible de volume.

924. La glace a de la saveur ; elle réfracte fortement la lumière, et elle est très-sensiblement élastique. Si on laisse tomber sur un plan une sphère de glace, elle se réfléchit, et cette réflexion ne peut avoir que l'élasticité pour cause.

925. La glace acquiert quelquefois une solidité telle, qu'elle résiste aux efforts violens qu'on fait

pour détruire son agrégation. Voici ce que rapporte Mayran à ce sujet, dans sa belle Dissertation sur la glace.

« Pendant l'hiver de 1740, on construisit à Pétersbourg, suivant les règles de la plus élégante architecture, un palais de glace de 17 mètres 48 millimètres (52 pieds et demi) de longueur sur 5 mètres 358 millimètres (16 pieds et demi de largeur, et 6 mètres 495 millimètres (20 pieds) de hauteur, sans que le poids des parties supérieures et du comble, qui étoient aussi de glace, parût endommager le moins du monde le pied de l'édifice. La Néva, rivière voisine où la glace avoit environ trois quarts de mètre (2 ou 3 pieds) d'épaisseur, en avoit fourni les matériaux. Pour augmenter la merveille, on plaça au devant du bâtiment six canons de glace avec leurs affûts de la même matière, et deux mortiers à bombe dans les mêmes proportions que ceux de fonte. Ces pièces étoient du calibre de celles qui portent ordinairement 1 kilogramme et demi (3 liv.) de poudre : on ne leur en donna cependant qu'un quarteron (122 grammes), et on les tira; le boulet d'une de ces pièces perça à soixante pas une planche de 54 millimètres (2 pouces) d'épaisseur. Le canon, dont l'épaisseur étoit tout au plus de 108 millimètres (4 pouces), n'éclata point par cette explosion. »

CHAPITRE II.

De l'Eau à l'état de liquide.

Si l'on soumet de la glace à l'action du calorique, il la pénètre, en écarte les molécules, et la fait passer à l'état de liquide. Cette transformation fait perdre à l'eau quelques propriétés et lui en donne de nouvelles.

926. Dans l'état liquide, l'eau n'est pas sensiblement compressible, c'est-à-dire, qu'elle résiste avec opiniâtreté aux moyens que nous employons pour effectuer sa compression; il n'est donc pas étonnant qu'elle ne donne pas des signes sensibles d'élasticité, qui supposent toujours une compression effectuée. La compressibilité et l'élasticité de l'eau n'en sont pas moins réelles; 1°. parce qu'elle propage le son, propriété qui appartient exclusivement à des milieux élastiques. 2°. Si, à l'exemple des académiciens de Florence, on soumet à l'action d'une presse des sphères métalliques pleines d'eau, l'expérience fait voir qu'elles ne suintent l'eau qu'après avoir été retirées de la presse: l'eau s'est donc resserrée dans un plus petit espace pendant la durée de la compression; et du moment qu'elle a fini, l'eau tendant, en vertu de son élasticité, à se rétablir dans ses premières limites, s'est frayé une route à travers les pores du métal.

927. L'eau liquide contient de l'air, dont la quan-

tité ne peut être mesurée par le nombre des bulles qui s'élèvent sur la surface de l'eau, quand on renferme un vase plein de ce liquide sous un récipient qu'on purge d'air.

Expérience. On met sous le récipient de la machine pneumatique un verre plein d'eau; on pompe l'air; des bulles sans nombre s'élèvent subitement sur la surface du liquide; on prend le verre plein d'eau purgée d'air, on le plonge entièrement dans une masse d'eau, et on l'agite assez vivement, afin qu'il se remplisse d'eau nouvelle. On met ensuite le verre plein d'eau nouvelle sous le récipient, on pompe l'air, et on n'apperçoit à la surface du liquide qu'un très-petit nombre de bulles; d'où il résulte que si, dans le premier cas, on a vu s'élever sur la surface de l'eau un grand nombre de bulles, elles venoient moins de l'eau que des parois intérieures du verre, auxquelles elles adhéroient en vertu de l'attraction.

La quantité d'air que l'eau absorbe et qu'elle tient en dissolution, est estimée être d'environ $\frac{1}{50}$ de son volume.

928. Lorsque l'eau a perdu dans le vide l'air qu'elle contenoit, ses couches supérieures se transforment en vapeurs, et si ces vapeurs se trouvent en contact avec des corps qui s'en emparent avec avidité, l'eau se gèle presque subitement. M. Leslie a employé ce moyen avec succès pour congeler l'eau. Il fait servir à cet effet l'acide sulfurique très-concentré, qu'il met sous le récipient de la pompe pneumatique dans une capsule de verre, surmontée d'une autre capsule

pleine d'eau et placée sur un trépied. En faisant le vide l'eau commence à bouillir, et en quelques minutes elle prend l'état solide.

929. L'eau et l'air exercent l'un sur l'autre une action réciproque, mais inégale, en vertu de laquelle l'eau dissout de l'air, et l'air dissout de l'eau, mais en plus grande proportion; car si on laisse de l'air bien sec sur de l'eau bien purgée, l'un et l'autre satisferont leur attraction réciproque, et il s'établira deux saturations; trois décimètres cubes de cet air (environ un pied cube) donneront 5 à 600 milligrammes (10 à 12 grains) d'eau. La chimie offre beaucoup d'exemples de corps qui se partagent ainsi en raison de leurs attractions.

C'est le propre d'un dissolvant de donner à la substance dissoute sa forme et à peu près sa densité : d'où il résulte qu'en se dissolvant dans l'air, l'eau perd sa liquidité pour acquérir la fluidité aériforme, et que l'air en se dissolvant dans l'eau, quitte l'état élastique pour prendre celui de liquide.

La dissolution de l'eau dans l'air constitue l'évaporation, qu'il ne faut pas confondre avec la vaporisation qui résulte exclusivement de la combinaison de l'eau avec le calorique; néanmoins pour se dissoudre dans l'air, l'eau absorbe une certaine quantité de calorique qui la fait passer à l'état de fluide élastique: le refroidissement qui accompagne toujours l'évaporation atteste cette vérité. Mais l'union de l'eau avec le calorique, pour passer à l'état gazeux, est déterminée par l'attraction de l'air. L'eau

acquiert probablement alors plus de capacité dissolvante pour le calorique : son attraction pour ce fluide devient plus grande que celle des corps environnans qui lui en cèdent. Ces effets sont, en quelque sorte, simultanés, et c'est l'attraction de l'air qui leur donne naissance : de là vient sans doute qu'après cette dissolution l'air est plus léger que lorsqu'il est sec ; ce qui fait voir que l'eau, en se dissolvant, a pris un volume dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'air lui-même. Cette propriété de l'eau, que de nombreuses et exactes expériences de Saussure ne permettent pas de regarder comme équivoque, fournit l'explication la plus satisfaisante de l'abaissement du mercure dans le baromètre, lorsque l'air atmosphérique se sature d'humidité.

930. L'air dissout d'autant plus d'eau que sa température est plus élevée. Leroi a déjà fait voir depuis long-temps qu'une bouteille bien bouchée, exposée pendant le jour à une température de vingt degrés, laisse pendant la nuit déposer sur ses parois, en forme de gouttelettes, une partie de l'eau contenue dans l'air dont la bouteille est remplie. Cette espèce de rosée devient plus abondante à mesure que la température devient moindre ; mais l'eau précipitée s'évanouit ensuite, du moment que l'air devenu plus sec par une augmentation de température, a recouvré la faculté de la dissoudre.

931. L'air dissout d'autant plus d'eau, qu'il est plus comprimé ; car à la faveur d'une forte compression, on sature l'air d'une plus grande quantité d'eau. La pompe pneumatique confirme cette assertion, par

le nuage humide dont elle s'obscurcit aux premiers coups de piston.

932. La faculté dissolvante de l'air est donc en raison de sa température et de la pression qu'il éprouve; et comme la température et la pression de l'atmosphère éprouvent de grandes et fréquentes variations, il en résulte que l'air est tantôt plus, tantôt moins avide d'eau; de manière qu'il l'enlève ou la laisse précipiter suivant les circonstances : de là la pluie ordinaire, la rosée, la neige, et en général tous les météores aqueux dont l'atmosphère est le théâtre. Voyez pour de plus amples détails, le dernier livre de cet Ouvrage, qui est consacré à l'explication des météores.

933. La précipitation de l'eau tenue en dissolution dans l'air, ne paroît cependant pas suffire à la production de cette quantité de pluie qui inonde la surface de la terre. Les nuages sont encore le produit des brouillards, et ceux-ci ont pour cause une combinaison, avec excès d'eau, qui s'est formée, dans des circonstances favorables, au point de contact des eaux et de l'air atmosphérique, et qui peut être rassemblée en cet état par les vents qui soufflent des mers et des lieux humides. Cette combinaison d'air avec excès d'eau pourra exister en certaine quantité dans une couche d'air, sans prendre l'apparence de nuage sensible; mais la compression de l'air devenu moins transparent, lui donnera la forme vésiculaire.

Ajoutons à cela que les pluies d'orage ont probablement pour cause la combinaison du gaz oxi-

gène et du gaz hydrogène, que l'étincelle électrique enflamme dans les hautes régions de l'atmosphère. J'exposerai dans la suite les motifs qui me paroissent appuyer cette opinion.

934. L'eau s'échauffe assez promptement. Il y a cependant lieu de croire qu'elle seroit un mauvais conducteur de calorique, si ses molécules n'avoient la faculté de se mouvoir entr'elles avec la plus grande facilité. *Crawford* a essayé de faire fondre un morceau de glace au fond d'un vase plein d'eau. Il a resté à se fondre beaucoup plus de temps qu'à sa surface. C'est que les molécules qui touchent la surface du vase qui s'échauffe, une fois unies à une portion de calorique, deviennent spécifiquement plus légères; elles gagnent le niveau supérieur, sont remplacées par les plus froides qui sont les plus pesantes; d'où résultent deux courans continus de molécules; l'un ascendant et l'autre descendant.

935. Le phénomène de l'ébullition a pour cause le passage de l'eau de l'état liquide à celui de vapeur. Car si l'on soumet à l'action d'une forte chaleur un vase rempli d'eau, toutes les molécules ne s'échauffent pas également vite; et celles qui prennent les premières la forme d'un fluide élastique, ne pouvant se dissoudre dans l'eau liquide, sont forcées, par leur légèreté spécifique, de concert avec l'action de la chaleur, de s'élever sur le liquide; elles crèvent sur sa surface, et se repandent dans l'air environnant qui a la faculté de les dissoudre.

936. L'ébullition est d'autant plus prompte, que la pression de l'atmosphère est moindre, et récipro-

quement; car la colonne d'air qui repose sur l'eau exerce sur elle une pression qui s'oppose à sa raréfaction, sollicitée d'ailleurs par l'action du calorique; de sorte que les molécules de l'eau ne s'écartent pour passer à l'état de vapeur, qu'en vertu de la différence de ces forces; différence qui est d'autant plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, que la pression de l'atmosphère est moindre.

937. Les rayons lumineux ne font souffrir à l'eau aucune altération sensible, quoique ce liquide leur fasse éprouver une réfraction supérieure à leur densité. Newton avoit conclu de cette propriété, que l'eau contient quelque principe combustible; et ce n'est que dans ces derniers temps que l'analyse et la synthèse les plus sévères ont réuni leurs efforts pour confirmer la justesse de cette conclusion.

938. L'eau liquide a plus de tendance à la combinaison que l'eau solide, parce que son agrégation est moindre. Elle se trouve partout; il n'est pas de substance naturelle ou artificielle qui n'en contienne plus ou moins; elle est le milieu nécessaire à toute cristallisation.

939. L'eau n'est jamais pure; elle tient toujours en dissolution différentes substances qui altèrent son homogénéité. 1°. Un peu de sable, ce qui donne naissance aux cristallisations du quartz, dont la nature nous offre tant d'exemples; 2°. des substances calcaires en divers états, ce qui produit les stalactites qu'on trouve dans les grottes souterraines, comme aux grottes d'Arcy en Bourgogne, aux caves de

l'Observatoire, etc.; 3°. du soufre; 4°. des métaux, etc., etc.

940. Lorsque l'eau contient des sels terreux, elle se refuse à la cuisson des légumes et à la dissolution du savon. Le premier de ces phénomènes tient à ce que, par l'ébullition, il se forme autour des légumes une croûte qui empêche l'eau de les pénétrer comme il le faudroit pour leur cuisson. Aussi les légumes, soit verts ou humides, cuisent-ils dans ces sortes d'eaux, parce qu'alors ils le font aux dépens de leur eau de végétation, ou aux dépens de celle dont ils étoient imbibés. Quant au savon, il se fait une double combinaison, d'où résultent un savon calcaire insoluble, et un sel formé par l'acide que la chaux abandonne, et par la soude du savon employé.

941. Dans les usages domestiques, on juge de la bonté d'une eau, 1°. par sa saveur; 2°. par sa facilité à bouillir; 3°. à l'aide du savon, qui indique s'il s'y trouve ou non des sels calcaires.

Ce ne sont là que des indices vagues, qui ne sauroient satisfaire le physicien. S'il veut déterminer les substances contenues dans l'eau avec leurs proportions, il recueille les gaz à l'appareil au mercure, et les substances solides par évaporation à siccité. S'il ne veut que des indications, il emploie des réactifs. Le nitrate d'argent lui démontre la présence de l'acide muriatique; le muriate de baryte, celle de l'acide sulfurique; l'acide oxalique, celle de la chaux; l'ammoniaque, celle de la magnésie; l'eau

de chaux, celle de l'acide carbonique; le sulfate de fer, celle de l'air commun; l'acide nitreux concentré, celle du gaz hydrogène sulfuré; le nitrate d'argent, celle du soufre, etc., etc. C'est par de semblables procédés qu'on a reconnu que l'eau de rivière est plus pure, et l'eau des puits la plus impure.

942. Si l'on chauffe de l'eau dans des vaisseaux fermés et dans un appareil convenable, on en recueille les vapeurs, qui, condensées par le refroidissement, forment l'eau distillée. C'est le seul moyen de la purifier et de la séparer des substances salines que la filtration ne sauroit lui enlever. L'eau distillée a une saveur fade; elle fait éprouver à l'estomac un sentiment de pesanteur; en l'agitant avec le contact de l'air, elle prend une saveur vive, et on peut alors la boire sans danger. La distillation n'altère point l'eau. Boerhaave l'a distillée cinq cents fois de suite, sans qu'elle ait souffert la plus légère altération.

De l'Hygromètre.

943. Si l'on plonge dans l'eau plusieurs corps hétérogènes, tous s'imbibent de ce fluide; mais cette imbibition a un terme, qui est le point où il y a équilibre entre les attractions; c'est-à-dire, lorsque la force de ceux qui attiroient d'abord l'eau plus puissamment, et qui diminue à mesure qu'elle approche de son terme de saturation, se trouve égale à celle de ceux qui agissoient plus faiblement sur ce fluide; de sorte que si l'on met en

contact deux corps humectés dont les attractions pour l'eau ne sont pas en équilibre, celui dont l'attraction sera plus faible cédera de son fluide à l'autre, jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse. C'est dans cette disposition d'un corps à mouiller un autre corps qu'il touche, que consiste ce que l'on nomme humidité.

944. L'air est de tous les corps celui dont il nous importe le plus de connaître les différens degrés d'humidité; de là l'invention de l'hygromètre. On en a imaginé d'autant d'espèces qu'il s'est présenté de corps sur lesquels l'humidité produisoit divers degrés de dilatation ou de condensation; mais comme la plupart de ces hygromètres n'étoient pas comparables, il n'en pouvoit résulter aucun avantage réel pour la science.

945. L'hygromètre de Saussure paroît avoir rempli le vœu et fixé le choix des physiciens. Il est fondé sur la propriété qu'a le cheveu, de s'allonger par l'humidité, et de se raccourcir par le dessèchement. Voici la manière la plus simple de le construire.

On prend un cheveu préparé convenablement, on attache un des deux bouts à un point fixe, et l'autre à la circonférence d'un petit cylindre mobile, qui porte, à l'une de ses extrémités, une aiguille légère. Le cheveu est tendu par un contre-poids de 159 milligrammes (3 grains), suspendu à une soie déliée, qui est roulée en sens contraire autour du même cylindre. A mesure que le cheveu s'allonge ou se raccourcit, il fait tourner le cylindre.

dans un sens ou dans l'autre, et conséquemment la petite aiguille dont les mouvemens se mesurent sur la circonférence d'un cercle gradué, autour duquel l'aiguille fait sa révolution. De cette manière, une variation très-petite dans la longueur du cheveu devient sensible, par le mouvement beaucoup plus considérable qu'elle occasionne dans l'extrémité de l'aiguille; et l'on voit aisément qu'à des degrés égaux d'allongement ou de raccourcissement dans le cheveu, répondent des arcs égaux parcourus par l'aiguille.

946. Pour rendre comparables tous les hygromètres construits de cette manière, il falloit donner deux termes fixes à l'échelle. Saussure en a pris un dans l'extrême de l'humidité, et l'autre dans celui de la sécheresse; il détermine le premier, en plaçant l'hygromètre sous un récipient de verre, dont il a mouillé exactement avec de l'eau toute la surface intérieure. L'air, en se saturant de cette eau, agit par son humidité sur le cheveu pour l'allonger. On humecte de nouveau et à plusieurs reprises l'intérieur du récipient; et lorsque, par un séjour plus long sous le récipient, le cheveu cesse de s'étendre, on reconnoît que le terme de l'humidité extrême est arrivé.

Pour déterminer le terme de l'extrême sécheresse, on renferme l'hygromètre sous un récipient chaud et bien desséché, avec un morceau de tôle pareillement échauffé et couvert de potasse caustique. Cet alcali, en exerçant sa faculté absorbante sur ce qui reste d'humidité dans l'air environnant,

sollicite le cheveu à se raccourcir jusqu'à ce qu'il ait atteint le dernier terme de sa contraction. Les deux extrêmes fixes de l'échelle une fois bien déterminés, on la divise en cent degrés.

947. Les effets de la chaleur sur le cheveu modifient ceux de l'humidité et de la sécheresse; car si l'air s'échauffe autour de l'hygromètre, sa faculté dissolvante à l'égard de l'eau est augmentée; il enlève donc au cheveu une portion de l'eau dont il est imbibé; et à raison de cette soustraction, le cheveu est raccourci. D'un autre côté, la chaleur pénètre le cheveu, et agit pour l'allonger, quoique beaucoup plus faiblement; d'où il résulte que l'effet total se complique de deux effets partiels et contraires. Dans les observations délicates, il importe donc de consulter en même temps le thermomètre et l'hygromètre, afin de pouvoir démêler l'effet principal ou le degré d'humidité de l'air, d'avec l'effet auquel la chaleur donne naissance.

948. On doit à Deluc un hygromètre qui ne diffère de celui de Saussure, qu'en ce qu'il a substitué au cheveu un filament de baleine qui a, comme le cheveu, la propriété de s'allonger par l'humidité et de se raccourcir par la sécheresse.

949. Il importe de remarquer, 1°. que l'hygromètre ne donne jamais l'humidité absolue de l'air, mais seulement le rapport qui existe entre telle dose d'humidité et tel degré de dilatation du cheveu; 2°. que l'hygromètre n'indique pas l'eau dissoute dans l'air, il marque seulement l'eau qui se dissout et l'eau qui se précipite au moment où la dissolution

lution et la précipitation s'effectuent; car pendant les ardeurs de l'été, lorsque le ciel est sans nuages, l'hygromètre ne marque aucune humidité; il y a néanmoins dans l'atmosphère une grande quantité d'eau dissoute, comme il est aisé de s'en convaincre en prenant de cet air chaud et sec, et en le plongeant dans la glace : son immersion est marquée par une précipitation de gouttelettes d'eau, et c'est alors que l'hygromètre en annonce la présence.

950. La Chimie fournit des substances qui, par leur extrême avidité pour l'eau, pourroient servir d'hygromètre, avec même cette différence avantageuse, qu'elles donneroient des résultats ponderables; mais outre l'embarras et l'impossibilité même de faire avec ces substances, des instrumens comparables, on ne seroit jamais sûr, 1°. d'avoir employé des substances parfaitement pures; 2°. d'avoir entièrement dépouillé d'eau la masse d'air examinée. Ces considérations justifient la préférence qu'on a donnée à l'hygromètre de Saussure, surtout si on le prend fabriqué à Genève, parce que les cheveux subissent une préparation qui doit être uniforme.

De l'Évaporation.

951. Lorsqu'une masse d'eau est exposée à l'influence de l'air atmosphérique, elle diminue de volume, et les molécules qui l'abandonnent s'élèvent dans le sein de l'atmosphère. Tel est le phénomène connu sous le nom d'évaporation. Son existence n'a jamais été contestée; mais les physiciens ne sont pas encore d'accord sur la cause qui le fait naître.

Les uns prétendent, avec *Deluc*, que dans l'acte de l'évaporation le calorique qui abandonne les corps environnans donne aux molécules aqueuses la fluidité aériforme et une légèreté qui détermine leur ascension dans des régions élevées de l'atmosphère. Dans cette hypothèse le calorique est le seul agent, et l'air n'a aucune influence sur la production du phénomène.

Muschembroek reconnoît la faculté dissolvante de l'air, sans cependant lui attribuer exclusivement l'existence du phénomène. Suivant lui plusieurs causes se combinent dans sa production, et le calorique est celle qui a le plus d'influence. (*Voyez ses Essais de Physique*, premier volume, pag. 442. Leyde, 1739).

Les expériences de *Leroi*, que nous avons décrites n° 930, ne laissent aucun doute sur la véritable cause de l'évaporation. Ce phénomène est dû à l'attraction que l'air exerce sur les molécules aqueuses qui sont en contact avec lui; et si le calorique abandonne les corps environnans dans l'acte de la production du phénomène, c'est très-probablement l'attraction de l'air qui détermine cet abandon, en donnant aux molécules aqueuses plus de capacité pour contenir ce fluide, dont la présence favorise leur passage à l'état élastique.

952. Pour confirmer le principe qui nous occupe, il suffit de remarquer,

1°. Que la présence de l'air est nécessaire à l'évaporation;

2°. Que les molécules situées à la surface de l'eau

sont les seules qui soient soumises à l'évaporation : de là vient sans doute que, toutes choses égales d'ailleurs, l'évaporation est d'autant plus abondante, que l'eau se présente à l'air par une plus grande surface.

3°. Que la neige et la glace sont susceptibles d'évaporation, comme l'attestent les expériences souvent répétées de *Saussure* et de *Muschembroek*. (*Voyez les Essais de Physique de Muschembroek*, premier volume, pag. 442);

4°. Que plusieurs phénomènes atmosphériques s'expliquent, d'après ce principe, avec la plus grande facilité.

953. Ici se présente la question de savoir si l'eau dissoute par l'air exerce quelque influence sur l'état de ce fluide. *Saussure* a reconnu le premier, que sa présence augmente l'élasticité de l'air qui la tient en dissolution; il a même apprécié cette augmentation par l'expérience suivante (*Essai sur l'Hygrométrie*, n° 108.). *Saussure* introduisit à plusieurs reprises un linge mouillé dans une masse d'air déterminée et desséchée autant qu'il est possible, et il observa qu'une colonne de mercure soumise à la pression de cet air, montoit graduellement à mesure qu'il dissolvoit de l'eau. A une température de 15 degrés du thermomètre de *Réaumur*, la quantité de vapeur capable de saturer l'air augmenta l'élasticité de ce fluide, de manière qu'au lieu d'une pression de 27 pouces à laquelle il faisoit auparavant équilibre, il en soutenoit alors une de 27 pouces 6 lignes.

Saussure tire de cette expérience les conclusions suivantes :

1°. L'eau dissoute par une masse d'air, augmente l'élasticité de ce fluide.

2°. L'eau dissoute par une masse d'air, est un fluide élastique capable de soutenir seul une pression égale à l'accroissement d'élasticité qu'il communique à l'air.

3°. Une masse d'air saturée d'eau en vapeurs à 15 degrés, a besoin d'une pression de 27 pouces 6 lignes, pour continuer d'être resserrée dans l'espace qu'elle occupoit auparavant sous une pression de 27 pouces; et conséquemment, si cette masse d'air n'est soumise encore qu'à cette dernière pression, les molécules de la vapeur exerceront, en vertu de leur force élastique, une force répulsive sur les molécules de l'air, en même temps qu'en vertu de sa force attractive, l'air tiendra la vapeur aqueuse dans l'état de dissolution, et le volume de la masse se trouvera augmenté de $\frac{1}{5}$; mais comme, suivant *Saussure*, la densité de la vapeur est à celle de l'air à peu près dans le rapport de 10 à 14, le volume augmentera dans un plus grand rapport que la masse : d'où il résulte que la pesanteur spécifique de l'air diminue à mesure qu'il tient une plus grande quantité d'eau en dissolution.

954. *M. Dalton* s'est occupé de déterminer les dilatations qu'un gaz éprouve, ou, ce qui est la même chose, de combien son élasticité se trouve augmentée à une température donnée, par son union avec

une vapeur dont on connoît l'élasticité à la même température.

Dans les expériences qu'il a faites pour résoudre cet intéressant problème, il a employé un tube de verre droit et cylindrique, scellé hermétiquement à une de ses extrémités, de $\frac{1}{4}$ de pouce de diamètre intérieur, et divisé en parties égales. On introduisoit au fond du tube une goutte ou deux du liquide à soumettre à l'expérience, et après avoir bien desséché le tube en dedans, on y laissoit entrer l'air commun ou tel autre gaz, et on l'enfermoit par une colonne de mercure, longue depuis $\frac{1}{10}$ de pouce jusqu'à 30 pouces, suivant les circonstances. On plongeoit ensuite l'extrémité fermée du tube dans de l'eau d'une température donnée, et on observoit par le mouvement du mercure, l'expansion du gaz et de la vapeur unie avec ce gaz.

Voici la formule simple de la dilatation combinée, dans le cas du mélange de la vapeur et du gaz, telle qu'elle résulte de toutes les expériences que *Dalton* a faites entre les températures de la glace fondante et de l'eau bouillante.

Exprimons par 1 l'espace occupé par un gaz sec dans une température donnée; par P, la pression qu'il éprouve, exprimée en pouces de mercure; par F, la force élastique de la vapeur du liquide, dans cette même température et dans le vide : au moment du mélange, une dilatation a lieu, mais en même temps la pression P diminue de la quantité F : donc, puisque les dilatations ou les volumes sont en raison inverse des pressions, l'espace oc-

cupé par l'air après la dilatation, que je désigne par $x : 1 :: P : P - F$, donc $x = \frac{P}{P - F}$.

Ainsi dans le cas de la vapeur aqueuse mêlée à l'air, supposant $P = 27$ pouces et $F = \frac{1}{2}$ pouce, la formule devient $x = \frac{27}{27 - \frac{1}{2}} = \frac{54}{53}$: c'est-à-dire, que dans ce cas, l'air s'est dilaté dans le rapport de 53 à 54; ce qui conduit au résultat de *Saussure* dont nous avons déjà parlé.

Si $P = 30$ pouces et $F = 15$ pouces, nous aurons $x = 2$.

Si $F = P$ la force élastique de la vapeur fait équilibre à la pression que l'air soutenoit, et comme elle est constante pendant tout le temps de la dilatation, à cause de la nouvelle vapeur qui se forme continuellement, la dilatation n'a plus de terme : ainsi l'on a $x = \frac{P}{0} = \infty$.

955. *Dalton* examine ensuite (*Voyez Biblioth. britann.*, n° 160, pag. 338 et suiv.) les différentes suppositions qu'on peut faire sur les rapports de deux gaz qui occupent ensemble un espace. Voici celle qu'il adopte :

Les molécules de l'un des deux fluides peuvent n'exercer ni attraction, ni répulsion sur celles de l'autre; c'est-à-dire, que dans cette supposition elles seront soumises aux lois des corps élastiques.

Dans cette hypothèse, si l'on mêle ces deux fluides, ils se distribueront de manière que leurs forces réunies égaleront la pression de l'atmosphère. Chacun des deux ne sera pour l'autre qu'un obstacle

qui occupera l'espace laissé vide entre les molécules homogènes; la pression exercée sur une molécule donnée d'un fluide mixte ainsi composé, proviendra exclusivement de l'action répulsive des molécules homogènes.

Ainsi, suivant *Dalton*, tous les composans de l'atmosphère, le gaz oxygène, le gaz nitrogène ou azote, la vapeur aqueuse, etc., s'arrangent ensemble sans exercer l'un sur l'autre aucune action et se partagent proportionnellement la pression de l'atmosphère.

Le gaz nitrogène ou azote soutient à lui seul 21,2 pouces anglais de mercure dans le baromètre.

Le gaz oxygène en soutient 7,8; l'un et l'autre de ces gaz ne changent d'état par aucun refroidissement connu.

La vapeur aqueuse varie en quantité, à raison de la température.

956. M. *Berthollet* combat l'opinion de *Dalton* avec des armes puissantes que nous allons emprunter. (*Voy. Statique chimique*, première partie, pag. 487.)

1°. Le gaz nitreux et le gaz oxygène, le gaz ammoniac et le gaz muriatique, exercent une attraction réciproque qui détermine leur combinaison.

2°. Le gaz hydrogène et le gaz oxygène forment de l'eau dans une circonstance donnée; le gaz nitrogène et le gaz oxygène peuvent aussi produire de l'acide nitrique. Mais l'attraction réciproque qui détermine les combinaisons, ne peut être considérée comme une force qui prend naissance au moment même qu'elle se manifeste; elle a dû exister long-temps

avant que de produire son effet, et s'accroître progressivement jusqu'à ce qu'elle soit devenue prépondérante.

3°. Lorsqu'on met sur du gaz acide carbonique du gaz hydrogène, ce n'est qu'après quelques jours que le mélange devient uniforme : si le premier n'offroit au gaz acide qu'un espace vide, celui-ci devrait s'y élancer avec rapidité; mais, dira-t-on, le gaz hydrogène présente un obstacle qu'il faut surmonter : si cet obstacle est une force mécanique, il faut que l'action élastique devienne plus puissante que lui; mais alors l'un et l'autre gaz doivent continuer d'agir l'un sur l'autre par leur élasticité.

Dalton a rejeté l'attraction chimique entre les gaz, parce que l'exercice de cette force est accompagné de dégagement de calorique et d'un changement dans les densités, phénomènes que ne présente pas le simple mélange.

Ces effets de l'attraction ont certainement lieu lorsqu'elle est assez puissante pour les produire, ou lorsqu'ils ne sont point déguisés par des effets contraires; mais il arrive souvent que l'attraction est trop faible, pour causer un changement de dimension ou de température, ou même des causes plus puissantes ne laissent paraître qu'un effet contraire.

Le mercure qui adhère à la surface d'une lame métallique, y exerce bien une action, et néanmoins il ne produit aucun changement de dimension : si la cohésion n'y mettoit obstacle, il dissoudroit complètement le métal en vertu de la même force qui le fait adhérer à sa surface.

Un sel ne se dissout dans l'eau qu'en vertu de la force d'attraction, et loin qu'il y ait diminution de volume il y a dilatation, et au lieu d'y avoir dégagement de calorique, il s'en fait une absorption.

Ce que nous avons dit suffit pour faire voir que l'hypothèse de *Dalton* ne peut se concilier avec les idées saines qu'on doit avoir de l'attraction chimique, et que conséquemment la seule hypothèse admissible est celle d'après laquelle la vapeur élastique prend, par l'action d'un gaz, les propriétés d'un gaz permanent, c'est-à-dire, qu'elle s'introduit dans l'air, comme le feroit une nouvelle quantité de cet air qui auroit la même élasticité que la vapeur. Elle écarte, par sa force élastique, les molécules de l'air entre lesquelles elle s'introduit, et toute la masse prend une densité uniforme, telle qu'après sa dilatation, elle fait équilibre à la pression qui se partage également entre toutes ses parties. Au reste, tous les phénomènes que donne l'expérience s'expliquent dans cette dernière hypothèse, d'une manière naturelle et avec la plus grande facilité.

CHAPITRE III.

De l'Eau à l'état de vapeur.

957. LORSQU'ON combine de l'eau liquide avec une certaine quantité de calorique, elle prend la forme d'un fluide élastique, et cette transformation,

toujours annoncée par l'ébullition du liquide, lui fait acquérir des propriétés remarquables.

1°. Sa tendance à la combinaison devient d'autant plus grande que son agrégation est devenue plus foible; c'est pourquoi l'air dissout la vapeur aqueuse avec plus de facilité que l'eau liquide.

2°. Dans l'état de vapeur, l'eau occupe un espace environ mille sept cent vingt-huit fois plus considérable que celui qu'elle occupoit dans l'état de liquidité; de manière que chaque pouce cube d'eau produit un pied cube de vapeur. La vapeur aqueuse est donc moins pesante que l'air; ce qui fait que ce dernier, en se saturant d'eau, devient spécifiquement plus léger, et doit conséquemment s'élever dans l'atmosphère.

3°. L'eau vaporisée est parfaitement invisible lorsqu'elle passe dans un air un peu sec, et dont la température est au moins de 18 ou 20 degrés. Mais si l'air qui reçoit la vapeur est déjà saturé d'eau, et que sa température ne soit que de 9 ou 10 degrés, la vapeur y devient apparente sous la forme d'un nuage très-sensible d'un gris blanc.

4°. Dans l'état de vapeur, l'eau contient une quantité de calorique, telle qu'un demi-kilogramme (une livre) est capable de porter 50 kilogrammes d'eau (100 livres) de 0 à + 2, c'est-à-dire à 200 degrés thermométriques; et comme l'eau vaporisée ne marque que 80 degrés (échelle de Réaumur), il s'ensuit qu'elle recèle 120 degrés de chaleur intimement combinée, non sensible au thermomètre. C'est

ainsi que l'eau à 0 absorbe 60 degrés de plus qu'à l'état de glace.

5°. L'eau vaporisée agit sur le fluide lumineux qu'elle semble décomposer comme le prisme.

6°. La vapeur aqueuse jouit d'une élasticité considérable. Son ressort est tel, que lorsqu'elle est enchaînée dans des limites trop étroites, elle fait de violens efforts pour vaincre l'obstacle qui s'oppose à sa libre expansion. Les machines à vapeur dont le mécanisme et l'usage sont aujourd'hui presque généralement connus, nous offrent des exemples bien frappans de cette vérité.

958. Le bois dur, l'ivoire, les os, deviennent mous et friables dans la vapeur aqueuse qui remplit la marmite de Papin.

959. La pompe à vapeur offre des effets plus surprenans, et mérite des détails plus étendus.

Les mouvemens de la pompe à vapeur prennent naissance dans le jeu d'un piston s'élevant et s'abaissant alternativement dans un cylindre creux, qui communique avec une chaudière soumise à l'action d'une forte chaleur. Toutes les pompes à feu qui ont été exécutées jusqu'ici se ressemblent sous ce rapport, et elles ne diffèrent que par la manière dont la vapeur qui se forme dans la chaudière, contribue au jeu du piston. Dans les premières machines de cette espèce qui ont été imaginées, la vapeur aqueuse agit exclusivement sur la partie inférieure du piston, détermine son élévation dans le cylindre, et le piston ne descend ensuite que par la pression de l'air atmosphérique.

960. Ce qui distingue la pompe à feu de Chaillot, dont nous devons la construction aux frères Perrier et l'invention à Wats, c'est le double emploi de la vapeur dont une partie s'introduit en dessous du piston, comme dans les machines précédemment exécutées, et l'autre en dessus du même piston, ensorte que l'intérieur du cylindre n'a aucune communication avec l'air atmosphérique.

961. Pour concevoir le jeu de cette machine, supposons que le piston soit monté au point le plus élevé de sa course, où il est soutenu par un contre-poids placé à l'extrémité du balancier opposée à celle qui conduit le piston du cylindre à vapeur. Alors il y a un vide dans toute la partie du cylindre située en dessous; la vapeur entre par-dessus, et sa force, supérieure à celle du contre-poids, détermine la descente du piston dans la cavité du cylindre : une nouvelle vapeur pénètre subitement sous la base inférieure du piston et le force de s'élever jusqu'à ce qu'il se trouve en équilibre entre les deux vapeurs : alors il continue de s'élever par l'action du contre-poids. A mesure que le piston monte, il refoule la vapeur qui est en dessus, et qui va se rendre sous sa base inférieure pour remplir l'espace qu'il laisse vide par son ascension. Alors s'ouvre un tuyau latéral qui communique avec le bas du cylindre, et qu'on appelle *condenseur*; la vapeur pénètre dans sa cavité, et une injection d'eau froide l'y condense.

Le piston redescend ensuite, et remonte alternativement en vertu d'une combinaison semblable

des différentes actions produites par les deux vapeurs et par le contre-poids.

962. La machine de Chaillot, construite d'après ces principes, a pour objet d'élever l'eau d'un puitsard qui communique avec la Seine, pour la distribuer en différens quartiers de Paris. Cette machine peut fournir 13710,904 mètr. c. (400000 pieds c.) d'eau en vingt-quatre heures. La vapeur soulève le piston d'un cylindre qui a 1 mètre 625 millimètres et demi (5 pieds) de diamètre, et qui est chargé d'une colonne d'air qui pèse plus de 21278 kil. (43500 livres).

963. Betancourt a fait construire à Paris, dans l'île des Cygnes, une pompe à feu, qui a de grands avantages sur celle de Chaillot. La vapeur s'y introduit aussi en dessous et en dessus du piston; mais la perfection du mécanisme consiste en ce que l'injection d'eau froide se répète des deux côtés; ensorte qu'elle condense tour à tour la vapeur supérieure, en laissant à celle qui agit par-dessous toute sa force pour élever le piston, et la vapeur inférieure, pour donner lieu à celle qui passe dans le haut du cylindre, d'exercer de même tout son effort sur la base supérieure du piston. Il en résulte que le piston est poussé avec la même force en montant et en descendant : d'où naissent des avantages bien marqués dont le détail nous mèneroit trop loin. Voyez à ce sujet, le second volume de l'*Hydrodynamique* de M. Proni.

964. La pompe de Wats paroisoit portée au plus haut degré de perfection qu'elle pût atteindre, sur-

tout d'après les efforts inutiles de plusieurs de ses contemporains pour faire disparaître les défauts qu'elle présente; elles consistent dans la grandeur du frottement, dans la complication du mécanisme, et principalement dans l'imperfection du vide, nécessité par l'air dégagé de l'eau injectée pour opérer la condensation.

965. Ces défauts qui avoient résisté aux travaux d'un grand nombre de physiciens ont enfin cédé aux efforts de *Cartwright*. Il évite le frottement trop considérable des pistons en les faisant entièrement de métal, et pour obtenir le vide, il condense la vapeur par l'application du froid aux surfaces extérieures d'un réservoir où elle est reçue. Voyez à ce sujet le premier numéro des Annales des arts et manufactures, qui renferme une description exacte de cette nouvelle machine.

966. L'action de la vapeur aqueuse retenue par des obstacles, fait souvent naître de funestes accidens. Lorsque les canons ont tiré pendant un certain temps, on les rafraîchit avec un torchon humecté qu'on attache à une des extrémités d'un bâton. Si le torchon remplit trop exactement le calibre, la vapeur qui se forme dans le fond du canon, ne pouvant s'étendre avec facilité, donne au torchon une impulsion violente, et emporte quelquefois le bras du canonnier. Il seroit aisé de prévenir de semblables malheurs, en substituant au bâton un tuyau creux qui offriroit un passage libre à la vapeur.

967. 7°. La vapeur aqueuse alimente la combus-

tion, comme on l'observe dans la lampe de l'émailleur, l'éolipyle, etc.

968. L'éolipyle est un globe de cuivre creux, auquel on joint un tuyau dont l'orifice est très-étroit. On échauffe le globe; l'air intérieur se dilate et s'échappe en partie par le tuyau. On plonge promptement le tuyau de l'éolipyle dans l'eau, qui, cédant à la pression de l'air extérieur, s'introduit dans le globe où elle trouve moins de résistance. Lorsque le globe est rempli d'eau en partie, on le soumet à l'action d'une forte chaleur; bientôt l'eau renfermée dans le globe est réduite à l'état de vapeur; elle s'échappe avec violence à travers le tuyau; et si l'on dirige le jet de la vapeur sur un charbon tant soit peu embrasé, on le voit brûler avec une étonnante activité. Après avoir étudié la nature de l'eau, nous serons à même de donner de ce phénomène une explication satisfaisante.

LIVRE VII.

SECONDE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

De la nature de l'eau.

969. ON a regardé jusqu'ici l'eau comme une substance élémentaire. Cette doctrine a été celle de tous les âges et de toutes les écoles. Le préjugé de la simplicité de l'eau est donc un préjugé difficile à combattre, et quoiqu'un grand nombre de faits nouvellement établis lui enlèvent cette antique prérogative, il n'est pas étonnant de voir encore quelques physiciens, esclaves de leurs opinions routinières, résister à l'ascendant de l'évidence. La question de la composition de l'eau n'est plus en effet une question problématique. Il est rigoureusement démontré que l'eau est une substance composée, et c'est aux chimistes modernes que nous devons les expériences ingénieuses qui attestent cette composition.

Décomposition

Décomposition de l'eau.

Première expérience. Prenez un tube de verre EF (fig. 106) d'environ 22 millimètres (10 lignes) de diamètre, que vous ferez passer au travers d'un fourneau, en lui donnant une légère inclinaison de E en F. Introduisez dans ce tube 1,5 gramme (28 grains) de charbon, qui préalablement a été exposé à une chaleur incandescente dans des vaisseaux fermés : adaptez ensuite à l'extrémité supérieure E de ce tube, une cornue de verre A qui contient une quantité bien connue d'eau distillée, et a son extrémité inférieure F, un serpentin SS qui s'ajuste en F au goulot d'un flacon H à deux tubulures; enfin, à l'une des deux tubulures du flacon adaptez un tube de verre recourbé KK, destiné à conduire les fluides aériformes dans un appareil propre à en déterminer la quantité et la qualité.

Tout étant ainsi disposé, on allume assez de feu dans le fourneau VVXX pour entretenir toujours bouillante l'eau de la cornue A; on allume en même temps du feu dans le fourneau EFCD, et on l'alimente de manière à faire rougir le tube de verre EF.

Le succès de cette expérience tient à plusieurs circonstances qu'il n'est pas aisé de réunir, et qui, par là même, en augmentent la difficulté. Le tube doit être de verre vert bien cuit, et d'une fusion difficile. Il faut en outre qu'il soit enduit d'un lut d'argile, mêlé avec du ciment fait avec des poteries de grès réduites en poudre; et dans la crainte

qu'il ne fléchisse par le ramollissement, on le soutient dans son milieu avec une barre de fer qui traverse le fourneau.

L'eau de la cornue A se vaporise par l'ébullition. Elle remplit l'intérieur du tube EF, et elle en chasse l'air atmosphérique; la vapeur aqueuse se condense ensuite, par le refroidissement, dans le serpentin SS, et il tombe de l'eau goutte à goutte dans le flacon tubulé H; mais en même temps il se dégage une quantité considérable de gaz qui s'échappe par le tuyau KK, et qu'on recueille dans un appareil convenable. L'opération finie, on ne retrouve plus dans le tube EF que quelques atomes de cendre; les vingt-huit grains de charbon ont totalement disparu.

Les gaz qui se sont dégagés, examinés avec soin, se trouvent peser ensemble 6,03 grammes (113,7 grains): ils sont de deux espèces; savoir, 2856384 millimètres cubiques (144 pouces cubes) d'un gaz acide pesant 5,31 grammes (100 grains), et 7537680 millimètres cubiques (380 pouces cubes) d'un gaz inflammable appelé gaz *hydrogène*, pesant 0,73 grammes (13,7 grains). Si on vérifie ensuite le poids de l'eau passée dans le flacon, on la trouve diminuée de 4,55 grammes (85,7 grains).

Les premiers effets produits dans cette expérience, n'offrent rien de remarquable: ce qu'il y a d'intéressant, c'est que 4,55 grammes (85,7 grains) d'eau et 28 grains de charbon ont totalement disparu, et qu'en outre il s'est formé 5,31 grammes (100 grains) d'un gaz acide, plus 0,73 grammes (13,7 grains) de

gaz hydrogène; il est aisé d'expliquer ces différents phénomènes.

Nous verrons bientôt, en parlant du gaz acide qu'on obtient dans cette expérience, que, pour en former 5,31 grammes (100 grains), il faut unir 3,82 grammes (72 grains) d'oxygène à 1,49 grammes (28 grains) de charbon : d'où il résulte que les 28 grains de charbon placés dans le tube de verre, ont enlevé à l'eau 3,82 grammes (72 grains) d'oxygène, et que par conséquent 4,55 grammes (85,7 gr.) d'eau sont composés de 3,82 grammes (72 grains) d'oxygène et de 0,73 grammes (13,7 grains) de gaz hydrogène.

Quiconque résisteroit à cette conséquence, seroit obligé d'admettre que le gaz hydrogène obtenu dans cette expérience, a été dégagé du charbon; et comment concevoir ce dégagement, puisque le charbon a été long-temps exposé à une chaleur incandescente dans des vaisseaux fermés, et par conséquent dépouillé du gaz hydrogène qu'il pouvoit contenir.

Deuxième expérience. On dispose tout comme dans l'expérience précédente, avec cette différence seulement qu'au lieu des 1,5 grammes de charbon, on met dans le tube EF 14,55 grammes (274 grains) de petites lames de fer très-doux, roulées en spirales; on fait rougir le tube; on allume du feu sous la cornue A, et on entretient l'eau qu'elle contient toujours bouillante, jusqu'à ce quelle soit entièrement évaporée, qu'elle ait passé en totalité dans le tube EF, et qu'elle soit condensée dans le flacon H.

Il ne se dégage point de gaz acide dans cette expérience, mais seulement du gaz hydrogène. Le poids total qu'on en obtient est de 795 milligrammes (15 grains), et son volume est d'environ 8261776 millimètres cubiques (416 pouces cubes). Si on compare la quantité d'eau primitivement employée avec celle restante dans le flacon H, on trouve un déficit de 5,31 grammes (100 grains). D'un autre côté, les 14,55 grammes de fer renfermés dans le tube EF, se trouvent peser 4,4 grammes (85 grains) de plus que lorsqu'on les y a introduits, et leur volume se trouve considérablement augmenté. Ce fer n'est presque plus attirable à l'aimant; il se dissout sans effervescence dans les acides; en un mot, il est dans l'état d'oxide noir, précisément comme celui qui a été brûlé dans le gaz oxigène.

Les circonstances principales qui accompagnent cette expérience, sont la disparition de 100 grains d'eau, l'oxidation du fer, l'augmentation du poids du fer de 85 grains, et la production de 15 grains de gaz hydrogène. Tous ces phénomènes se réunissent pour démontrer la décomposition de l'eau; car le fer ne peut s'oxider que par l'absorption de l'oxigène; et puisque dans cette expérience le fer pèse 85 grains de plus qu'il ne pesoit avant l'oxidation, il faut conclure qu'il a absorbé 85 grains d'oxigène; de plus on obtient 15 grains de gaz hydrogène; il faut donc que les 100 grains d'eau qui ont disparu dans cette expérience, aient été décomposés en 85 grains de gaz oxigène, et 15 grains de gaz hydrogène.

1°. L'expérience que nous venons de décrire est aujourd'hui une expérience familière. Un grand nombre de physiciens l'ont répétée avec succès. On substitue, il est vrai, un canon de fusil enduit d'un lut propre à le garantir du contact de l'air, au tube de verre contenant de petites lames de fer roulées en spirales; mais le résultat de l'expérience se trouve parfaitement le même; l'augmentation en poids du canon de fusil, et le poids du gaz hydrogène obtenu, forment précisément le poids de l'eau employée.

2°. La désunion des principes de l'eau n'a lieu dans les deux dernières expériences, que parce que le tube de verre contient du charbon ou du fer, qui exercent sur l'oxygène une attraction supérieure. L'attraction du fer pour l'oxygène est telle, qu'il opère cette décomposition de l'eau même lorsqu'il n'est pas incandescent. Nous avons pour garant de cette vérité, la conversion du fer en oxide noir dans des flacons remplis d'eau distillée, et la production du gaz hydrogène qui manifeste sa présence lorsqu'on approche une bougie de l'orifice de ces vaisseaux. La décomposition de l'eau par le fer non incandescent est encore plus rapide, lorsque la présence du soufre augmente la somme des puissances qui concourent au même effet par sa tendance à s'unir à l'oxide de fer; et l'hydrogène se montre tenant du soufre divisé dans un état de suspension.

3°. Le fer et le charbon n'ont pas le privilège exclusif d'opérer la décomposition de l'eau; le soufre

seul la décompose au degré de température qui le met en fusion. M. de Morveau s'en est assuré en adaptant à une cornue tubulée un entonnoir à robinet, au moyen duquel il faisoit tomber l'eau goutte à goutte sur le soufre fondu; il y eut manifestement acidification du soufre, et cet effet ne pouvoit être attribué qu'à la décomposition de l'eau, puisque les vaisseaux avoient été remplis de gaz acide carbonique.

970. Lorsqu'on décompose l'eau par les procédés que nous venons de décrire, l'oxygène entre en combinaison, tandis que l'hydrogène est mis en liberté. Si l'on vouloit obtenir l'oxygène et non l'hydrogène à l'état de gaz, on emploieroit pour décomposer l'eau, l'action des végétaux vivans exposés à toute l'activité des rayons solaires. Enfin on peut obtenir les élémens de l'eau séparés l'un de l'autre à l'état aériforme formant un mélange de gaz oxygène et de gaz hydrogène, en faisant passer une forte décharge électrique à travers un tube de verre d'environ 3 millimètres de diamètre et 500 millimètres de longueur, comme l'ont fait voir MM. Dieman et van Troostwick, par des expériences consignées dans le *Journal de Physique*, an 1789. Nous verrons dans la suite, que l'électricité galvanique peut servir au même objet, d'une manière plus élégante et plus simple.

971. Qu'opposer à cette série de faits et de raisonnemens qui concourent à établir la décomposition de l'eau? Dira-t-on, pour les détruire, que lorsque l'eau en vapeur traverse le tube de verre contenant du fer, et rougi au feu, elle ne se dé-

compose pas, qu'elle se combine en nature avec le fer incandescent; que cette combinaison est la cause de l'oxidation et de l'augmentation du poids du fer qui cède le gaz hydrogène qui se dégage, et qu'on recueille à l'extrémité du tube dans des cloches destinées à le recevoir?

Pour faire sentir toute la frivolité de cette explication, nous observerons, 1°. que le fer incandescent ne peut pas fournir le gaz hydrogène dont cette expérience nous offre le dégagement. Cette assertion est appuyée des expériences de Lavoisier; il en résulte que la quantité du gaz hydrogène qu'on retire du fer diminue à mesure qu'on lui enlève son humidité; et, si cela est vrai, n'est-il pas évident que le fer dépouillé par l'incandescence de toute son humidité, ne peut presque pas fournir de ce fluide aériforme?

2°. Comment allier avec les faits l'explication qu'on donne des effets produits dans cette expérience, puisque, 1°. l'augmentation du poids du fer ajoutée au poids du gaz hydrogène obtenu, répond exactement à la quantité d'eau qui a disparu? 2°. En combinant ce gaz hydrogène avec le gaz oxigène, on trouve qu'il absorbe, en brûlant, un poids de ce dernier, égal à celui qu'a acquis le fer, et qu'il forme une quantité d'eau égale à celle qui a été employée pour l'oxidation du fer?

3°. L'augmentation du poids du fer ne peut venir, dans cette expérience, que d'un des principes de l'eau. On ne sauroit l'attribuer à l'air, qui n'est point accessible au fer renfermé dans le tube; elle ne

peut venir de l'eau, pour les raisons que nous avons déjà développées. D'ailleurs, dire que c'est l'eau elle-même qui se fixe dans le métal, c'est admettre deux espèces de calcination sans fondement; car il n'y a aucune différence entre le fer oxidé dans cette expérience, et le fer brûlé dans le gaz oxygène.

Il est donc incontestable que le gaz hydrogène qui se dégage lorsqu'on expose le fer incandescent à la vapeur de l'eau, vient de l'eau décomposée.

Je dis plus, le gaz hydrogène qui se dégage pendant les dissolutions métalliques dans les acides, vient de l'eau et non du métal. Car, ou l'acide est en partie décomposé, et alors il n'y a pas de gaz hydrogène; c'est ce qui arrive lorsqu'on fait dissoudre un métal dans l'acide nitrique, dans l'acide sulfurique concentré; ou il n'y a aucune partie de l'acide décomposée, et pour lors il se dégage une quantité considérable d'hydrogène; c'est ce qui a lieu dans l'acide sulfurique étendu d'eau, dans l'acide muriatique, etc. Mais dans les deux cas, le métal prend le même état d'oxide, acquiert les mêmes propriétés, la même augmentation de poids; d'où il résulte évidemment qu'il a trouvé dans l'un comme dans l'autre, le même principe pour former le même composé. Or, comme dans le premier il a reçu une portion du gaz oxygène de l'acide, il faut bien, dans le second, que ce principe lui ait été fourni par une autre matière quelconque; et puisqu'il n'y a que l'eau en contact avec lui, il faut

conclure que c'est elle qui cède cette portion : il n'est donc pas étonnant qu'il se dégage du gaz hydrogène, et qu'il n'y en ait que dans ce cas.

972. Opposera-t-on encore aux expériences que nous avons décrites en faveur de la décomposition de l'eau, que d'après le tableau des attractions chimiques, tracé par Lavoisier, le charbon a plus d'attraction que le fer pour l'oxygène, et que par conséquent le charbon devrait décomposer l'eau à froid, s'il est vrai que le fer la décompose ?

Nous répondrons avec le célèbre chimiste dont on invoque le témoignage, que les anomalies des attractions dépendent absolument du degré de température. On ne sauroit douter que le charbon incandescent n'enlève l'oxygène aux substances métalliques : c'est un fait qui paroît ne souffrir aucune exception, et sur lequel est fondée toute la théorie de la réduction métallique; mais cette action du charbon sur l'oxygène, cette propriété qu'il a de l'enlever aux substances métalliques, n'est pas aussi forte à froid qu'à une chaleur rouge, puisqu'on ne connoît aucune réduction métallique qui s'opère à froid par le charbon.

Il en est de même à l'égard de l'eau; le charbon qui la décompose facilement et instantanément à une chaleur rouge, n'a qu'une action lente et presque insensible sur elle à la température ordinaire de l'atmosphère. Je dis une action presque insensible, parce que cette action n'est pas absolument nulle. Gingembre a observé que si on met du charbon dans de l'eau, et si l'on entretient cette dernière

à une température de 30 degrés, échelle de Réaumur; l'eau se décompose peu à peu, et il se forme du gaz hydrogène. Au reste les difficultés qui peuvent se rencontrer dans l'explication de quelques faits particuliers, ne sauroient ébranler des vérités établies sur des expériences décisives. Il est de principe qu'une opinion ne peut être réfutée que par des preuves du même genre que celles dont on s'est servi pour la fonder. Les preuves que nous avons données de la composition de l'eau étant de l'ordre démonstratif, ce n'est pas par des argumens qui équivalent à peine à de légères probabilités, qu'on doit tenter de les détruire.

973. Il ne suffit pas d'avoir décomposé l'eau en ses principes constituans, l'oxigène et l'hydrogène, il faut, pour une pleine conviction, reformer la même quantité d'eau avec les élémens qui ont résulté de sa décomposition : la chimie moderne nous met à même de remplir ces conditions.

Recomposition de l'Eau.

Troisième expérience. Sous une très-grande cloche de verre, pleine d'air atmosphérique et renversée sur le mercure, on introduit une lampe contenant une quantité d'alcool ou esprit-de-vin dont on a pris le poids exact; on attache à la mèche un atome de phosphore, et on l'allume avec un fer recourbé, rougi au feu, qu'on passe par-dessous la cloche.

On voit bientôt le mercure s'élever dans la cloche, et annoncer, par son élévation, malgré la chaleur, une diminution rapide et considérable de l'air. Après

la combustion il se dépose sur les parois et à la surface du mercure, une grande quantité de gouttes d'eau. Cette eau, recueillie avec soin, surpasse toujours, et le plus souvent de près d'un huitième, la quantité d'alcool consumée pendant l'opération.

Il est incontestable qu'une matière quelconque ne peut rien fournir dans une expérience au-delà de la totalité de son poids. Ce n'est donc que par l'addition d'une autre substance, qu'une quantité connue d'alcool peut produire, par sa combustion, une quantité d'eau dont le poids est plus grand que celui de l'alcool consumé. Cette autre substance est la base du gaz oxygène, puisque l'alcool ne peut brûler que dans le gaz oxygène ou dans l'air atmosphérique, en vertu du gaz oxygène qu'il contient; d'où il résulte que l'alcool renferme un des principes de l'eau, l'hydrogène; et c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'autre, l'oxygène. C'est par une semblable expérience que Lavoisier a trouvé que 489,50 gramm. (16 onces) d'alcool donnoient, par la combustion, 550,7 grammes (18 onces) d'eau.

Quatrième expérience. On prend un ballon A de cristal (fig. 107) dont l'ouverture soit assez large, et qui ait une capacité de 27,94 litres (50 pintes) environ; on y mastique une platine de cuivre BC, percée de quatre trous auxquels aboutissent quatre tuyaux; le premier Hh est destiné à s'adapter, par son extrémité h, à une pompe pneumatique qui sert à faire le vide dans le ballon. Un second tuyau gg communique par son extrémité MM, avec un réservoir de gaz oxygène, et est destiné à l'amener

dans le ballon. Un troisième dDd' communique, par son extrémité dNN avec un réservoir de gaz hydrogène; l'extrémité d' de ce tuyau se termine par une très-petite ouverture, à travers laquelle une très-fine aiguille peut à peine passer. C'est par cette petite ouverture que doit sortir le gaz hydrogène contenu dans le réservoir; et pour qu'il ait une vitesse suffisante, on doit lui faire éprouver une pression de 27 ou 54 millimètres (1 ou deux pouces) d'eau; enfin la platine BC est percée d'un quatrième trou, qui est garni d'un tube de verre mastiqué, à travers lequel passe un fil de métal gL , à l'extrémité L duquel est adaptée une petite boule, afin de pouvoir tirer une étincelle électrique de L en d' , pour allumer le gaz hydrogène. Le fil de métal gL est mobile dans le tube de verre, afin de pouvoir éloigner la boule L de l'extrémité d' de l'ajutoir Dd' . Les trois tuyaux dDd' , gg , Hh sont chacun garnis de leur robinet.

Pour que le gaz hydrogène et le gaz oxygène arrivent bien secs par les tuyaux respectifs, qui doivent les amener au ballon A, et qu'ils soient dépouillés d'eau autant qu'ils peuvent l'être, on les fait passer à travers des tubes MM, NN, de 27 millimètres (un pouce) environ de diamètre, qu'on remplit d'un sel très-déliquescent (1), tel que le nitrate ou le muriate de chaux. Ces sels doivent être en poudre grossière, afin qu'ils ne puissent pas faire

(1) Un sel déliquescent est celui qui a la propriété d'attirer l'humidité de l'atmosphère.

masse, et que le gaz passe facilement à travers les interstices que laissent les morceaux.

Il est nécessaire de faire d'avance une provision suffisante de gaz oxygène bien pur; et pour s'assurer qu'il ne contient pas d'acide carbonique, on doit le laisser long-temps en contact avec de la potasse dissoute dans de l'eau, et qu'on a dépouillée de son acide carbonique par de la chaux.

On se procure avec le même soin le double de gaz hydrogène, exempt de tout mélange, par les procédés que nous indiquerons bientôt.

Ces deux gaz étant ainsi préparés, on adapte la pompe pneumatique au tuyau Hh , et on fait le vide dans le ballon A. On y introduit ensuite l'un ou l'autre des deux gaz, mais de préférence le gaz oxygène, par le tuyau gg ; puis on oblige par un certain degré de pression, le gaz hydrogène à entrer dans le même ballon par le tuyau dDd' , dont l'extrémité d' se termine en pointe; enfin on allume ce gaz à l'aide de l'étincelle électrique; en fournissant ainsi de chacun des deux airs, on parvient à continuer très-long-temps la combustion.

A mesure que la combustion s'opère, il se dépose de l'eau sur les parois intérieures du ballon; la quantité de cette eau augmente peu à peu; elle se réunit en grosses gouttes qui se rassemblent dans le fond du vase.

En pesant le matras avant et après l'opération, il est facile de connoître la quantité qui s'est ainsi rassemblée.

Cette expérience est due à Lavoisier: elle lui a

servi de moyen pour reconnoître qu'il falloit 85 parties en poids d'oxygène, et 15 parties également en poids d'hydrogène, pour composer 100 parties d'eau.

L'expérience la plus authentique qui ait été faite sur la composition de l'eau, est celle qui a été commencée le mardi 23 mai, et terminée le samedi 7 juin 1788, au collège de France, par M. Lefèvre de Gineau.

Le poids du gaz oxygène consommé, réduit à la pression de 756 nullimètres (28 pouces) de mercure, à la température de 10 degrés, thermomètre de Réaumur, étoit de 971,85 grammes (254 gros 10,5 grains), et son volume de 6959,46 décimètres cubiques (35085 pouces cubes).

Le poids du gaz hydrogène étoit de 252,61 grammes (66 gros 4,3 grains), et son volume de 13870,4335 décimètres cubiques (74967,4 pouces cubes).

Le gaz acide et le gaz nitrogène qui se trouvoient mêlés avec ces gaz, et qu'on a tirés du récipient en neuf reprises, pesoient 2,08 grammes (39,25 grains).

Le gaz oxygène contenoit un trente-huitième de son poids acide carbonique; ainsi le poids du gaz brûlé étoit de 1074,18 grammes (280 gros 63,8 grains); ce qui fait 1074,18 grammes (2 livres 3 onces 0 gros 63,8 grains).

Les vaisseaux furent ouverts en présence des commissaires de l'Académie des Sciences, et on trouva 1072,54 grammes (2 livres 3 onces 0 gros

53 grains) d'eau. Ce poids répond à celui des gaz employés; à 64 grammes (31 grains) près. Ce déficit peut provenir du calorique tenant les gaz en dissolution, qui se dissipe lorsqu'ils se fixent, et doit nécessairement occasionner une perte.

L'eau étoit acidule au goût, et a donné 1,46 grammes (27,5 grains) acide nitrique, qui est produit par la combinaison des gaz nitrogène et oxygène.

Le gaz hydrogène ne brûle dans le gaz oxygène que parce qu'il a plus d'attraction pour la base du gaz oxygène, que cette base n'en a pour le calorique. Le gaz hydrogène s'empare donc de cette base; et tandis que le calorique s'échappe dans l'état de liberté, les bases de ces deux gaz se combinent pour produire une troisième substance, vrai résultat de leur combinaison. La nature de cette substance n'est pas équivoque, puisqu'après la combustion du gaz hydrogène dans le gaz oxygène, on ne trouve que de l'eau, et que le poids de l'eau produite est précisément égal à la somme des poids du gaz oxygène et du gaz hydrogène employés.

974. Et qu'on ne dise pas que l'eau qu'on obtient dans cette expérience étoit dans les deux gaz qui ont servi à la combustion, et qui ont été forcés de l'abandonner par la perte du calorique qui leur donnoit la fluidité aériforme. En effet, dans cette expérience, 4,52 grammes (85 grains) de gaz oxygène et 0,79 grammes (15 grains) de gaz hydrogène donnent 5,31 grammes (100 grains) d'eau : or, 5,31 grammes (100 grains) d'air ne peuvent pas

contenir 5,31 grammes (100 grains) d'eau; autrement il faudroit dire que le gaz hydrogène est de l'eau, que le gaz oxigène est de l'eau, et que ces deux fluides aériformes sont une même chose. Et comment allier l'identité de ces substances gazeuses avec la diversité, quelquefois même l'opposition, des propriétés qui les distinguent?

975. On objectera peut-être que la combinaison de l'oxigène et de l'hydrogène ne produit pas toujours de l'eau; qu'on obtient dans quelques circonstances, de l'acide carbonique; dans d'autres, du gaz nitrogène; enfin, qu'il en résulte quelquefois du gaz nitreux et de l'acide nitreux. La réponse à cette objection est fort simple. Toutes les fois qu'on emploie du gaz hydrogène pur, c'est-à-dire exempt de tout mélange de gaz nitrogène et de charbon, et qu'on le combine à quelque degré de chaleur que ce soit, avec du gaz oxigène également pur, on forme constamment de l'eau, et le poids de cette eau est rigoureusement égal au poids des deux gaz. On obtient, il est vrai, dans quelques circonstances, du gaz acide carbonique; dans d'autres, du gaz nitreux, de l'acide nitreux. Partout où l'on obtient du gaz acide carbonique, la quantité de cet acide aériforme est peu considérable, et toujours relative à celle du carbone dissous dans le gaz hydrogène, et provenant du fer ou du zinc qui ont servi à extraire l'hydrogène de l'eau. Lorsqu'on obtient du gaz nitreux et de l'acide nitreux, le gaz oxigène employé n'est pas pur; il contient alors du gaz nitrogène qui donne du gaz nitreux par sa combinaison
avec

avec le gaz oxigène : cela arrive toutes les fois que le gaz oxigène employé est extrait du précipité rouge; celui-ci est une calcination du mercure par l'acide nitrique : il n'est donc pas surprenant que le gaz oxigène qu'on en retire contienne les éléments de l'acide nitrique; et que de la combinaison de ce gaz avec le gaz hydrogène il en résulte du gaz nitreux et de l'acide nitreux.

976. Il est donc incontestable, soit qu'on opère par la voie de décomposition ou par la voie de recomposition, que l'eau n'est pas une substance élémentaire; qu'elle est composée de deux principes, l'oxigène et la base du gaz hydrogène, dans le rapport de 85 à 15. Outre les preuves directes qui nous ont servi à démontrer cette importante vérité, il en est d'autres qui, quoiqu'indirectes, n'en sont pas moins persuasives; elles sont puisées dans un grand nombre de phénomènes que la nature nous présente. L'oxidation des métaux dans l'intérieur du globe à l'abri des influences de l'air atmosphérique; l'efflorescence des pyrites; la formation des ocres; le dégagement subit du gaz hydrogène lorsqu'on plonge un fer incandescent dans l'eau, comme l'ont observé Stoulls et d'Hellancourt; l'activité du feu qui augmente considérablement par le soufflé de l'éolipyle, ou même lorsque l'on jette quelques gouttes d'eau sur des charbons embrasés; tous ces phénomènes étoient, il n'y a pas long-temps, des énigmes inexplicables, dont la théorie de la composition de l'eau nous a enfin donné la solution. Nous verrons bientôt que des phénomènes encore

plus remarquables, ceux de la respiration, de la chaleur animale, de la végétation, etc., viennent se plier comme d'eux-mêmes à cette belle théorie.

Les propriétés du gaz oxygène, dont la base est un des principes de l'eau, ont déjà fixé notre attention; il nous reste à étudier celles du gaz hydrogène dont la base entre aussi comme élément dans la composition de l'eau.

CHAPITRE II.

PARAGRAPHE PREMIER.

Du gaz hydrogène, ou gaz inflammable pur.

977. LE gaz hydrogène pur, connu partout sous le nom d'air inflammable, n'est pas une découverte nouvelle. Hales avoit retiré des végétaux un fluide aériforme qui s'enflammoit à l'approche d'une bougie allumée; Sthal et Kunchel avoient fait la même observation, en faisant dissoudre du fer dans les acides. Ils avoient apperçu qu'il résultoit de cette dissolution une vapeur aériforme qui s'enflammoit avec explosion, lorsqu'on lui présentoit une bougie allumée; mais ces physiciens ne poussèrent pas plus loin leurs recherches, et cette découverte fut étouffée, pour ainsi dire, au moment de sa naissance.

978. Quelques expériences de Black sur les fluides aériformes, réveillèrent l'attention des physiciens.

Cavendish et Priestley s'empressèrent de recueillir le gaz qui se dégage des dissolutions métalliques par les acides. Ils étudièrent les phénomènes qu'il présente, et prouvèrent que ce fluide aériforme est une espèce de gaz distingué par des propriétés particulières.

979. La nature de la base du gaz hydrogène est encore inconnue: lorsqu'elle se dégage d'une combinaison, elle en contracte une nouvelle, ce qui fait qu'on n'a pu encore obtenir l'hydrogène isolé pour le soumettre à l'épreuve de l'analyse.

980. On extrait le gaz hydrogène par la simple distillation des végétaux. La putréfaction animale et la fermentation végétale produisent aussi une grande quantité de ce fluide aériforme. Le plus pur est celui qu'on obtient en faisant dissoudre du fer ou du zinc dans de l'acide sulfurique affaibli au point que sa pesanteur spécifique ne soit plus à celle de l'eau que dans le rapport de 11 à 10 ou à peu près : nous ne parlerons pas des moyens qu'il faut employer pour l'extraire, le recevoir et le transvaser dans des cloches pleines d'eau ou de mercure. Ils sont absolument les mêmes que ceux indiqués dans un des chapitres précédens.

981. Le gaz hydrogène partage les propriétés physiques qui caractérisent les fluides aériformes, telles que l'indivisibilité, l'élasticité, etc.; celle qui le distingue particulièrement, c'est sa pesanteur spécifique, il est beaucoup plus léger que l'air atmosphérique; la pesanteur du premier est à celle du second, comme 8,04 est à 100,00 : et à celle

de l'eau distillée, comme 0,9911 est à 10000,0000 : le pouce cube du gaz hydrogène pèse 1,96 milligr. (0,0570 de grains), et le pied cube 3395 milligr. (63,9360 grains).

982. C'est sur cette légèreté du gaz hydrogène qu'est fondée la théorie des aérostats.

On remplit un ballon de gaz hydrogène ; le poids de l'enveloppe et du gaz qu'elle renferme est moins considérable que celui d'un égal volume d'air atmosphérique, et c'est en vertu de cette différence de pesanteur spécifique que le ballon s'élève dans l'atmosphère jusqu'à ce que son poids soit en équilibre avec un égal volume d'air ambiant.

Il y a une grande différence entre les montgolfières et les aérostats. Dans les montgolfières, on dilate par la chaleur un volume donné d'air atmosphérique renfermé dans des enveloppes de toile. L'air raréfié par la chaleur est plus léger qu'un égal volume d'air atmosphérique qui n'a souffert aucune dilatation ; il doit donc faire effort pour s'élever dans l'atmosphère, et entraîner avec lui l'enveloppe qui le renferme.

983. La grande légèreté du gaz hydrogène a fait soupçonner à Lavoisier que celui qui s'échappe de la surface du globe, s'envole dans les hautes régions de l'atmosphère, pour y occuper une place marquée par sa pesanteur spécifique, et y donner naissance à des phénomènes remarquables dont l'atmosphère nous offre le spectacle. Je ferai voir en parlant des météores, que ce soupçon est fondé sur des motifs propres à le justifier.

984. Le gaz hydrogène n'est pas propre à alimenter la combustion.

Première expérience. Après avoir fait passer du gaz hydrogène dans une cloche remplie de mercure, on y introduit une petite capsule dans laquelle on a mis de l'amadou et environ 14 milligrammes (un quart de grain) de phosphore; on porte sur le phosphore (en le passant à travers le mercure), un fer recourbé que l'on a fait rougir au feu. Le phosphore touché du fer chaud, se fond à l'instant, mais il n'y a aucune inflammation.

L'effet produit dans cette expérience atteste hautement que le gaz hydrogène ne peut alimenter la combustion : s'il jouissoit de cette propriété, il n'est pas douteux qu'on ne vint à bout d'enflammer du phosphore, du soufre, du charbon ou tout autre combustible disposé pour cela sous la cloche qui contient ce fluide aériforme, soit en dirigeant sur ces substances combustibles le foyer de la lentille, soit en y faisant passer une quantité considérable de fluide électrique, et cependant ces essais répétés de différentes manières, n'ont jamais eu du succès. Priestley est le seul qui ait réussi à brûler de la poudre à canon dans le gaz hydrogène, par le moyen d'un verre ardent; elle y a détoné tout-à-fait librement, mais elle n'a fait souffrir au gaz hydrogène aucune altération; ce qui confirme que ce fluide aériforme n'est pas propre à la combustion.

Le gaz hydrogène est combustible.

Deuxième expérience. On remplit une bouteille

de gaz hydrogène; on la bouche en mettant le doigt sur l'orifice; et l'ayant ainsi retirée de la cuve pneumatique, on lève le doigt, et on lui présente sur-le-champ une bougie allumée.

Le gaz s'allume; on voit la flamme descendre successivement dans la bouteille; et si avant qu'elle ait cessé, on plonge le col de la bouteille dans l'eau ou dans le mercure, ces fluides y rentrent presque instantanément et en remplissent une partie. Le gaz résidu n'est plus que cette partie de l'air commun qui ne sert pas à la combustion, mêlée d'un peu de gaz hydrogène qui n'a pas été consumé.

La flamme n'est pas nécessaire pour allumer ce gaz. Volta l'a enflammé avec le fer rouge, avec l'étincelle du briquet. M. de Morveau a laissé tomber dans un petit ballon qui en étoit rempli, un charbon encore ardent, mais très-avancé et presque cendreux; l'inflammation a été subite au point de faire éclater le ballon, et de rejeter le charbon à plus de deux pieds de hauteur.

Cette expérience nous fait voir clairement que le gaz hydrogène, qu'on ne peut allumer tandis qu'il est seul, jouit de cette propriété lorsqu'il a le contact de l'air atmosphérique; or, comment ce dernier peut-il donner au gaz hydrogène la propriété de s'enflammer? L'air atmosphérique est composé de gaz oxygène et de gaz azote dans le rapport de 1 à 3. Le gaz azote n'a aucune influence sur cette combustion, puisqu'on le retrouve, après ce phénomène, tel qu'il étoit auparavant. L'inflamma-

tion du gaz hydrogène ne peut donc être attribuée qu'à la partie oxigénée de l'air atmosphérique; et il en résulte que le gaz hydrogène brûle par le contact de l'air commun, de la même manière que le phosphore, le soufre, le charbon et toutes les substances combustibles; je veux dire, en enlevant au gaz oxigène la substance qui lui sert de base, et en facilitant par cette absorption l'évasion du calorique qui donnoit à cette base la fluidité aériforme.

985. Il existe plusieurs autres moyens d'effectuer l'expérience que nous venons de décrire.

1°. On remplit de gaz hydrogène une grande cloche de verre portant à sa tubulure un robinet surmonté d'un ajutage droit ou recourbé : on comprime le gaz en abaissant la cloche au-dessous du niveau de l'eau dans la cuve; on ouvre alors le robinet, et on présente une bougie allumée à l'extrémité de l'ajutage; le gaz s'allume à l'instant, et forme ce qu'on appelle *chandelle philosophique*, qui dure tant qu'il reste du gaz et qu'on le force à sortir en descendant le récipient sous l'eau.

2°. Une vessie ficelée sur un robinet, ou plus simplement sur un petit tube de verre, et dont on fait sortir le gaz en la pressant, présente le même phénomène. Pour remplir la vessie, on l'adapte à un récipient tubulé. Il est bon de remarquer que les vessies sont sujettes à recevoir et à transmettre insensiblement les fluides aériformes par leurs pores, comme l'a démontré Priestley, de sorte qu'il pourroit y avoir du danger, si l'on tardoit à exprimer une vessie ainsi chargée.

Troisième expérience. Remplissez une bouteille d'air atmosphérique et de gaz hydrogène, de manière qu'il y ait environ les deux tiers d'air atmosphérique ; retournez la bouteille en tenant le doigt sur son orifice, et présentez-lui une bougie allumée. On ne voit plus descendre la flamme par degrés dans la bouteille. L'inflammation est subite et accompagnée d'une véritable explosion , avec le bruit semblable à celui d'un coup de pistolet.

Quatrième expérience. Remplissez la même bouteille de gaz oxigène et de gaz hydrogène, de manière qu'il y ait les deux tiers de gaz hydrogène ; allumez ensuite le mélange comme dans l'expérience précédente. L'inflammation est totale et instantanée, et la détonation très-violente. Elle peut l'être au point de casser la bouteille, quoiqu'elle soit ouverte : aussi, pour éviter le danger de la rupture, doit-on prendre la précaution d'envelopper la bouteille d'un torchon qui en retiendrait les morceaux.

986. Ces phénomènes annoncent une action bien marquée du gaz hydrogène sur le gaz oxigène. Si le gaz hydrogène détone par son mélange avec l'air atmosphérique, à l'approche d'un corps enflammé, ce n'est jamais qu'à raison de la portion de gaz oxigène qu'il contient. Aussi les détonations produites par le mélange du gaz hydrogène et de l'air atmosphérique, sont-elles beaucoup moins fortes que celles qu'on fait en mêlant du gaz oxigène pur avec le gaz hydrogène. Il résulte de l'eau de la combustion de ce mélange, et c'est cette propriété qu'a le gaz hydrogène de former l'eau

par sa combinaison avec l'oxygène, qui lui a mérité le nom de gaz hydrogène, c'est-à-dire, générateur de l'eau.

Cinquième expérience. Dans un vase de métal *ag* (fig. 108), garni d'une tige recourbée aussi de métal *bcd*, qui enfle un tuyau de verre *a* mastiqué dans le couvercle du vase, afin de l'isoler, faites passer deux parties de gaz hydrogène et une partie de gaz oxygène; bouchez bien le goulot *g* avec un bon bouchon de liège, et présentez à un conducteur électrisé la petite boule de métal *b*. Le mélange renfermé dans le vase s'enflamme; il se fait une vive explosion, et le bouchon est chassé avec assez de force pour blesser quelqu'un sur lequel il porteroit.

Nous verrons dans la suite, qu'en présentant à un corps électrisé la petite boule de métal *b*, il doit s'exciter une étincelle; il doit s'en exciter une autre entre la boule *d* et le bord du vase. C'est cette seconde étincelle qui enflamme le mélange, et c'est la combinaison des gaz qui le composent qui produit une forte détonation. On peut, avec l'instrument employé dans cette expérience, produire des effets très-surprenans. Volta, à qui nous en devons l'invention, adaptoit au goulot *g* de notre vase, un petit canon chargé d'une balle; et le mélange, en détonant, la chassoit avec assez de force pour percer, à la distance de 25 pas, une planche de chêne de 27 millimètres (1 pouce) d'épaisseur. Cet instrument porte le nom de *pistolet de Volta*.

987. Les propriétés du gaz hydrogène établies

par les expériences précédentes, ont fait imaginer à Volta un instrument appelé *eudiomètre*, qui sert à mesurer la pureté de l'air. Ce physicien ayant observé qu'après la détonation il y avoit toujours une grande diminution dans le volume des gaz, chercha à la mesurer exactement. Pour y parvenir, il fit placer à l'extrémité inférieure de son pistolet, une garniture en cuivre, avec un robinet. Les gaz sont introduits dans le tube, on ferme le robinet. La détonation faite, on le rouvre sous l'eau qui, en montant dans le tube, indique l'absorption qui a eu lieu. Pour mesurer plus exactement cette diminution du volume des gaz, on se sert de tubes de verre bien calibrés, qu'on divise en degrés. C'est ainsi que Volta a trouvé qu'une partie de gaz oxygène pouvoit faire détoner deux parties de gaz hydrogène, tandis qu'il falloit quatre parties d'air atmosphérique pour produire le même effet.

Cet eudiomètre présente plusieurs inconvéniens : 1°. il ne peut être employé pour les gaz dans lesquels le gaz oxygène ne se trouve qu'en petite portion, car alors l'inflammation n'a pas lieu. Les eudiomètres qui produisent leur effet par la combustion du phosphore, ont le même défaut. 2°. Si l'on n'ajoute le gaz hydrogène que par parties, ou même si les proportions des deux gaz sont à peu près équivalentes ; il y a une portion de gaz oxygène qui échappe à la combustion, et cette portion varie suivant la quantité du résidu non inflammable. On peut éviter, en grande partie, cette cause d'erreur, en faisant passer l'air qu'on veut éprouver, dans une plus

grande quantité de gaz hydrogène qu'il n'en faut pour sa combustion. On évite, par le même moyen, la formation d'un peu d'acide nitreux qui altère l'exactitude du résultat.

988. On a cherché à substituer le gaz hydrogène à des matières combustibles, dans des réchauds et dans des lampes. Neret a consigné dans le Journal de Physique (janvier 1777), la description d'un réchaud à gaz hydrogène. D'autres physiciens ont imaginé des lampes à gaz hydrogène, qu'on peut allumer la nuit par le moyen de l'étincelle électrique. En faisant cette épreuve, il faut prendre garde qu'il ne s'introduise dans la lampe de l'air atmosphérique qui occasionneroit une forte détonation et la rupture du vaisseau.

989. On a trouvé le moyen ingénieux d'en faire des feux d'artifice très-agréables, en en remplissant des vessies V garnies de robinets de cuivre R (fig. 109), et en en introduisant, à l'aide de ces vessies, dans des tubes cylindriques différemment contournés et percés d'un grand nombre de petites ouvertures. On presse ces vessies, le gaz hydrogène passe dans les tubes, sort par toutes les ouvertures qui y sont pratiquées, s'enflamme à l'approche d'une bougie allumée, et produit ainsi des feux très-agréables, qu'on fait jaillir à une hauteur proportionnelle au degré de compression qu'on donne aux gaz contenus dans les vessies. Diller, démonstrateur de Physique à la Haye, s'est surtout distingué en ce genre, par la variété des couleurs et des formes qu'il a données à ses feux d'artifice.

Il a employé pour cet objet, du gaz hydrogène extrait de différentes substances. Le gaz hydrogène tiré du charbon de terre, produit la flamme blanche. La couleur bleue est produite par le mélange de partie égale d'air atmosphérique avec ce gaz. Le gaz hydrogène pur fournit le rouge; et si l'on y mêle, en soufflant, du gaz expiré, il y ajoute une teinte de bleu.

990. Le gaz hydrogène est impropre à la respiration.

Sixième expérience. Prenez une cloche de verre; remplissez-la de gaz hydrogène; plongez ensuite un oiseau ou un animal quelconque dans la cloche, que vous couvrez promptement pour empêcher l'évasion du fluide aériforme. On voit l'oiseau éprouver sur-le-champ des convulsions violentes, et périr dans très-peu de temps.

Cette expérience prouve que le gaz hydrogène n'est pas favorable à la respiration. Gardons-nous d'en conclure que ce fluide aériforme est par lui-même un poison mortel pour l'homme et pour les animaux. Schéele a respiré plus de vingt fois du gaz hydrogène sans en être incommodé. Fontana n'a pu fournir que trois inspirations avec ce gaz, aussi a-t-il objecté aux chimistes suédois, que le gaz hydrogène respiré par Schéele étoit mêlé d'air atmosphérique. L'intrepide Pilatre de Rozier répondit à cette objection par l'expérience suivante. Après avoir respiré une grande quantité de gaz hydrogène contenu dans une vessie, il mit dans sa bouche un tube pour chasser le fluide aériforme,

qu'il enflammoit avec une bougie allumée, ensorte qu'il paroissoit vomir des flammes. Si ce gaz, disoit-il, étoit mêlé d'air atmosphérique, il détoneroit dans ma bouche. Il éprouva ce fâcheux accident une fois qu'il avoit respiré du gaz hydrogène très-pur, mêlé à un neuvième d'air atmosphérique.

Le gaz hydrogène est immiscible à l'eau; elle ne l'absorbe pourtant pas dans les premiers instans. Aussi conserve-t-on ce fluide aériforme sur l'eau, pour des expériences qu'on veut faire prochainement; mais si on l'y laisse séjourner, l'eau l'absorbe et l'altère si sensiblement, qu'on ne sauroit espérer de l'exactitude dans les résultats.

§ II.

Du gaz hydrogène phosphoré, ou du gaz phosphorique.

991. C'est à Gengembre que nous devons la découverte du gaz hydrogène phosphoré. Pour l'obtenir, il mit de l'alkali fixe végétal, ou potasse caustique, en digestion sur du phosphore (1): au bout de quelques heures, il aperçut une multitude

(1) Le phosphore ne peut plus être classé parmi les substances simples. M. Davy a fait agir sur lui une batterie de 500 paires de plaques. Le phosphore est devenu rouge brun foncé, et il s'est produit du gaz hydrogène phosphoré égal en volume à quatre fois le phosphore employé: d'où il résulte que l'hydrogène est un des élémens du phosphore. M. Davy soupçonne aussi que l'oxigène est un de ses composans. Mais ce soupçon a besoin d'être justifié par de nouvelles expériences.

de bulles très-petites qui adhéroient à la surface du phosphore. Alors il exposa le tout à une chaleur de 35 à 40 degrés, pour accélérer l'action de la potasse. A peine le phosphore fut-il fondu, qu'il se dégagca une quantité assez considérable d'un gaz particulier, qui exhaloit une odeur insupportable de poisson pourri, et qui s'enflammoit de lui-même avec explosion, aussitôt qu'il avoit le contact de l'air atmosphérique. Ce gaz est le gaz hydrogène phosphoré. Les expériences suivantes serviront, en même temps, à montrer la manière la plus simple de l'obtenir, à établir ses propriétés chimiques, et à fixer notre opinion sur la nature de ce gaz. Nous ne parlerons pas de ses qualités physiques, elles sont à peu près les mêmes que celles du gaz hydrogène pur. Celle qui le distingue, c'est sa pesanteur spécifique, qui est double de celle du gaz oxigène. Gengembre estime le poids du ponce cubique de ce gaz 42 milligrammes (0,8 de grain); c'est-à-dire, qu'un pied cubique pèseroit 78,694 grammes (1482 grains).*

Première expérience. On met dans une fiole à médecine, de la potasse caustique ou pierre à cautère, dissoute dans une petite quantité d'eau, avec moitié de son poids de phosphore. A l'orifice de la fiole on adapte l'extrémité d'un tube recourbé, dont l'autre extrémité plonge dans l'appareil hydro-pneumatique; et on soumet le mélange à la chaleur d'une bougie allumée.

Il se fait une légère effervescence. La potasse caustique prend une couleur plus foncée, et le

gaz commence à passer d'abord avec l'odeur puante du poisson pourri, et sans s'enflammer; mais bientôt après chaque bulle qui s'échappe à travers le tube, s'élève au-dessus de l'eau, et s'enflamme sur sa surface.

La potasse caustique agit sur le phosphore qu'il divise, tandis que le phosphore agit sur l'eau qu'il décompose. L'oxygène de l'eau s'unit à une partie du phosphore, pour former de l'acide phosphorique, et le gaz hydrogène s'emparant des particules du phosphore divisé, s'échappe avec elles à travers le tube adapté à l'orifice de la fiole. L'extrémité du tube étant plongée dans l'eau, les bulles du gaz hydrogène phosphoré, qui sortent par l'orifice du tube, doivent par leur légèreté, s'élever sur la surface de l'eau. Elles se trouvent alors en contact avec l'air atmosphérique, qui a la propriété d'enflammer le phosphore. Le phosphore enflammé communique l'inflammation au gaz hydrogène qui, dans cet état, produit la flamme et ces légères explosions qui se font entendre dans ces sortes d'expériences... Les premières bulles qui s'échappent à travers le tube ne s'enflamment pas, quoiqu'elles aient le contact de l'air atmosphérique. Cela arrive probablement ainsi, parce qu'une partie de l'eau est décomposée avant que le phosphore soit assez divisé pour pouvoir être emporté par le gaz hydrogène qui résulte de cette décomposition. Les premières bulles qui s'échappent ne tiennent donc pas du phosphore en dissolution; c'est du gaz hydrogène pur, qui ne peut brûler, lors même qu'il est en

contact avec l'air atmosphérique, qu'à l'approche d'un corps enflammé. On peut aussi obtenir le gaz hydrogène phosphoré, en versant dans six parties d'eau une demi-partie de phosphore très-divisé, et en ajoutant à ce mélange trois parties d'acide sulfurique concentré. Le gaz se dégage en petites bulles qui couvrent la surface du fluide, et qui s'enflamme par le contact de l'air.

992. La propriété qu'a le gaz hydrogène phosphoré de s'enflammer lorsqu'il est en contact avec l'air atmosphérique, sans qu'on lui présente un corps en ignition, jette un grand jour sur plusieurs phénomènes, dont l'explication avoit échappé jusqu'ici à l'activité des physiciens.

1°. L'air qui brûle à la surface de certaines sources, et forme ce qu'on connoit sous le nom de fontaines ardentes, n'est autre chose que du gaz hydrogène phosphoré. Il existe une de ces sources sur les collines de Saint-Colombat. Le département de l'Isère nous en offre une semblable dans la paroisse de Saint-Barthelemi. Bouvier a consigné quelques observations sur cette fontaine brûlante, dans le Journal de Médecine éclairée par les sciences physiques, tom. 3, n° 8. Il y rapporte que pendant les ardeurs de l'été, le dégagement du gaz oxygène phosphoré est si considérable, qu'on voit continuellement une flamme de 2 mètres environ (7 pieds) de hauteur, et que des voyageurs, à son aspect, se sont imaginé voir un village en combustion.

2°. Les feux follets qui serpentent dans les cimetières, doivent être attribués à la même cause. Les
cimetières

cimetières contiennent beaucoup de substances animales en putréfaction; les substances animales en putréfaction renferment toutes du phosphore; le phosphore se volatilise par l'influence du calorique, s'envole dans l'atmosphère, s'enflamme par son contact avec l'air atmosphérique, et donne ainsi naissance à ces flammes légères qui voltigent, pendant les nuits d'été, sur les couches inférieures de l'atmosphère.

993. L'explication que nous avons donnée de cette dernière expérience, paroît supposer que le gaz hydrogène phosphoré n'est autre chose que du gaz hydrogène pur, qui tient dans un état de suspension du phosphore très-divisé. L'expérience suivante va dissiper tous les doutes qu'on pourroit élever sur cet objet.

Deuxième expérience. Remplissez une cloche de gaz hydrogène pur; placez-la sur le mercure; introduisez du phosphore au fond de la cloche, sur le mercure; faites tomber ensuite au milieu de cette cloche, les rayons du soleil réunis par un miroir ardent.

Le gaz hydrogène pur, renfermé dans la cloche, est bientôt changé en gaz hydrogène phosphoré, que le simple contact de l'air atmosphérique enflamme en excitant de légères explosions.

Qu'arrive-t-il dans cette expérience? Les rayons du soleil réunis par un miroir ardent exercent toute leur activité sur le phosphore renfermé dans la cloche. Le phosphore fortement échauffé se volatilise, et le gaz hydrogène s'empare des petites

portions du phosphore divisé par le calorique. Les propriétés qu'acquiert le gaz hydrogène pur ne peuvent donc provenir que du phosphore qu'il tient dans un état de suspension : d'où il résulte que le gaz hydrogène phosphoré n'est autre chose que du gaz hydrogène pur qui tient en dissolution du phosphore.

994. L'alcali fixe minéral ou la soude caustique présente absolument les mêmes phénomènes avec le phosphore, que la pierre à cautère ou potasse caustique.

995. Le lait de chaux donne aussi du gaz phosphorique par son mélange avec le phosphore, et il paroît que ce gaz, quoiqu'en plus petite quantité que dans l'opération où l'on avoit employé de la potasse, contient proportionnellement plus de matière inflammable d'elle-même.

996. Enfin nous devons à Pearson un nouveau moyen d'obtenir du gaz hydrogène phosphoré. Ce moyen consiste à mêler du phosphore avec de la chaux vive. Ce mélange forme une poudre rougeâtre qui a la propriété de décomposer l'eau; une partie du phosphore se combine avec l'oxygène, et forme l'acide phosphorique, qui à son tour se combine avec la chaux, pour former du phosphate de chaux; une autre portion du phosphore se combine avec l'hydrogène, forme du gaz hydrogène phosphoré, qui se dégage de l'eau et s'enflamme au contact de l'air atmosphérique avec une sorte de décrépitation. Ce spectacle curieux dure très-long-temps : une pincée de cette poudre suffit pour produire ce phénomène.

Troisième expérience. Dans une cloche pleine de gaz hydrogène phosphoré, et reposant sur le mercure, faites passer de l'air atmosphérique ou du gaz oxygène en petite quantité. A chaque bulle d'air atmosphérique qui va crever à la surface du mercure, le gaz hydrogène s'enflamme de lui-même; mais lorsqu'on y introduit du gaz oxygène, le gaz hydrogène phosphoré brûle avec beaucoup d'activité, en produisant une chaleur et une dilatation si considérables, que la cloche se brise si elle n'est pas d'un verre très-épais, et si l'on fait le mélange dans des proportions trop grandes.

997. L'eau absorbe le gaz hydrogène phosphoré : à peine ces deux fluides sont-ils en contact, qu'il se forme un nuage blanc qui ne tarde pas à disparaître. Ce nuage a probablement pour cause la combustion d'une petite portion de ce gaz. Lorsqu'on met du phosphore dans un flacon qui n'est pas entièrement plein d'eau, si le phosphore éprouve le contact de l'air atmosphérique, il y a une petite combustion, et le flacon est subitement rempli d'un nuage blanc, qui se dissipe après la combustion. L'air atmosphérique contenu dans l'eau produit ici le même effet, par son contact avec une partie du gaz hydrogène phosphoré que l'eau a absorbé : c'est ce qui donne naissance au nuage. On peut s'en assurer en faisant l'expérience avec de l'eau dépouillée par l'ébullition de l'air atmosphérique qu'elle peut contenir : le nuage ne paroît pas, et cependant il y a absorption du gaz hydrogène phosphoré.

Puisque l'eau absorbe le gaz hydrogène phos-

phoré, il faut, pour conserver ce fluide aériforme, le recueillir dans des cloches pleines de mercure. L'absorption de ce gaz par l'eau, n'est pourtant pas assez prompte pour qu'on ne puisse se servir de l'appareil à l'eau, lorsqu'on veut faire des expériences qui n'exigent aucune exactitude dans les résultats. Il m'arrive quelquefois de recevoir du gaz hydrogène phosphoré dans un tube plein d'eau, de 189 à 216 millimètres de hauteur (7 à 8 pouces) sur 27 millimètres (1 pouce) de diamètre. Lorsque le tube est rempli de gaz hydrogène phosphoré, je l'élève un peu au-dessus de l'eau, pour le remettre subitement sur sa surface. Chaque fois que je répète cette opération, une flamme grande et vive paroît jaillir de la surface de l'eau vers l'atmosphère. J'ai fait cette expérience dans l'obscurité, et j'ai entendu plusieurs spectateurs s'écrier avec surprise, que l'eau vomissoit des flammes. Après l'entière combustion du gaz hydrogène phosphoré, les parois du tube sont tapissées d'une matière jaunâtre, qui n'est autre chose que de l'acide phosphorique concret.

998. Le gaz hydrogène phosphoré est très-nuisible à la respiration ; les animaux qu'on y plonge périssent sur-le-champ. Mêlé subitement avec le gaz oxygène, il détone. Le même phénomène a lieu lorsqu'on le mêle avec le gaz oxi-muriatique et avec le gaz nitreux.

999. La propriété qu'à le phosphore de s'enflammer par son contact avec l'air atmosphérique, a fait imaginer les briquets phosphoriques qui ne sont

autre chose que du phosphore très-sec, très-divisé et peut être un peu oxydé. Voici le moyen le plus simple de les préparer. On met un peu de phosphore séché avec du papier brouillard, dans un petit flacon qu'on fait chauffer jusqu'à ce que le phosphore soit fondu. Alors on tourne le flacon en tout sens, afin que le phosphore liquide adhère aux parois. On ferme le flacon, et le briquet est construit.

§ III.

Du gaz hydrogène sulfuré.

1000. Le gaz hydrogène sulfuré est connu depuis long-temps. Meyer avoit observé qu'en versant des acides sur les combinaisons du soufre avec les alcalis, il se dégagoit une vapeur très-puante, et qui s'enflammoit à l'approche d'une bougie allumée. Rouelle le jeune fit la même observation. Ce fluide aériforme a fixé ensuite plus particulièrement l'attention de Schéele, qui l'a appelé *air puant de soufre*; mais c'est à Bergman que nous devons la connoissance des propriétés qui le caractérisent. Ce physicien lui a donné le nom d'*air hépatique*, parce qu'on le dégage ordinairement en versant un acide sur du foie de soufre ou hépar.

1001. Le gaz hydrogène sulfuré a les mêmes propriétés physiques que le gaz hydrogène pur; sa pesanteur spécifique est cependant beaucoup plus considérable. Nous tracerons un tableau bien abrégé de ses propriétés chimiques, parce qu'il

nous paroît inutile d'entrer dans un long détail des expériences qui concourent à les établir.

1002. 1°. Le gaz hydrogène sulfuré tue très-promptement les animaux qu'on y plonge.

1003. 2°. Il éteint subitement les bougies allumées.

1004. 3°. Si on fait passer du gaz hydrogène sulfuré dans une bouteille pleine d'eau et de chaux qu'on y a délayée, ce gaz, d'après la découverte de M. Berthollet, absorbe la chaux, la sature à la manière d'un acide, et lui donne la propriété de cristalliser en prismes. Le composé qui résulte de cette combinaison est un véritable hydro-sulfure calcaire très-dissoluble dans l'eau, sans couleur, et d'une odeur forte et fétide à l'air; les acides le décomposent avec effervescence et en dégagent l'hydrogène sulfuré sous forme de gaz.

1005. 4°. Mêlé avec l'air atmosphérique ou avec le gaz oxygène, le gaz hydrogène sulfuré s'allume et détone par l'étincelle électrique et par le contact des corps enflammés.

1006. 5°. Il brûle avec une flamme bleue rougeâtre; il dépose du soufre en brûlant, sur les parois des vases qui le renferment.

1007. 6°. L'acide nitreux et l'acide sulfureux le décomposent, détruisent sa fluidité aériforme, et en séparent le soufre.

1008. 7°. Il est absorbé par l'eau qui en contracte une odeur très-fétide, et cette dissolution se décompose à l'air et par les mêmes acides que le gaz lui-même.

1009. 8°. Il précipite les dissolutions métalliques.

1010. 9°. Quelques métaux, et particulièrement l'argent et le mercure, en séparent le soufre; aussi ne peut-on le transvaser dans des cloches pleines de mercure, sans en décomposer une grande partie.

1011. Toutes ces propriétés du gaz hydrogène sulfuré, annoncent déjà qu'il contient du soufre très-divisé. Gengembre est parvenu à démontrer que ce fluide aériforme n'est autre chose que du gaz hydrogène pur tenant du soufre dans un état de dissolution. Pour établir cette vérité, il a mis du soufre dans des cloches pleines de gaz hydrogène pur, et en a opéré l'extrême division par le moyen du miroir ardent. Le gaz hydrogène pur a acquis par ce moyen toutes les propriétés du gaz hydrogène sulfuré : d'où il suit que cette substance aériforme est composée de gaz hydrogène pur et de soufre. C'est à la dissolution de ce dernier qu'elle doit les qualités qui lui sont propres. Le soufre, quelque divisé qu'il y soit, n'y brûle point en même temps que le gaz hydrogène; il se dépose en partie pendant la combustion de ce dernier. Ce phénomène tient à ce que le gaz hydrogène n'a pas besoin d'une température aussi élevée que le soufre, pour s'allumer par le contact des corps enflammés.

1012. Il existe dans des cavités souterraines des sulfures ou pyrites, avec une grande quantité d'eau. La décomposition naturelle de ces substances donne naissance au gaz hydrogène sulfuré, qui fait acquérir aux eaux des propriétés particulières. Ces eaux sont

connues sous le nom d'*eaux minérales sulfureuses* :

1013. Le gaz hydrogène sulfuré a plusieurs points d'analogie avec le gaz hydrogène phosphoré, et il ne diffère de ce dernier que par la nature du corps combustible tenu en suspension dans le gaz hydrogène. Le phosphore étant beaucoup plus combustible que le soufre, le contact de l'air atmosphérique suffit pour l'enflammer, et son inflammation se communique facilement au gaz hydrogène déjà échauffé par la combustion du phosphore. Dans le gaz hydrogène sulfuré, au contraire, le gaz hydrogène ne s'allume que par la présence d'un corps en ignition, et le soufre qui n'y est point assez échauffé, s'en sépare sans brûler.

§ IV.

Du gaz hydrogène carburé ou carboné.

1014. Si l'on expose une cloche pleine de gaz hydrogène et renfermant du charbon, à l'activité des rayons solaires, le charbon se dissipe, le gaz hydrogène diminue de volume, et l'on obtient du gaz *hydrogène carburé*.

C'est cette propriété qu'a le gaz hydrogène de dissoudre le charbon, qui fait qu'on a du gaz hydrogène carburé toutes les fois que le gaz hydrogène se dégage de matières qui contiennent du carbone divisé : de là vient que les décompositions des substances végétales et animales, soit qu'elles se fassent rapidement par le moyen du feu, soit qu'elles

s'opèrent lentement au fond des eaux stagnantes , font naître le dégagement de ce gaz.

D'après ce que nous venons de dire il est visible , 1°. que le gaz hydrogène carburé est abondant dans la nature ; 2°. qu'il y en a de différentes espèces suivant le plus ou moins de carbone que le gaz hydrogène tient en dissolution. Celui qui se dégage des eaux stagnantes, des latrines, des égouts, celui qui s'exhale des mines de charbon de terre, ceux que donne la distillation des huiles et des matières végétales quelconques à différentes températures, etc., etc.; ces gaz inflammables sont du gaz hydrogène carburé, formant autant d'espèces différentes qu'il y a de proportions différentes dans les principes dont ils se composent.

Le gaz hydrogène carburé, quelle que soit son espèce, paroît jouir des propriétés suivantes :

- 1°. Il est plus pesant que le gaz hydrogène pur ;
- 2°. Il a une odeur fétide d'autant plus grande, qu'il tient plus de carbone en dissolution ;
- 3°. Il éteint les corps enflammés ;
- 4°. Il asphixie plus profondément les animaux que le gaz hydrogène pur ;
- 5°. Il brûle avec moins d'activité que le gaz hydrogène pur ;
- 6°. Sa flamme est rouge ou blanche suivant l'activité de la combustion ;
- 7°. Il dépose souvent du carbone qu'il est aisé de reconnoître à la couleur.

On fait l'analyse exacte du gaz hydrogène car-

buré, en le faisant brûler dans l'eudiomètre de *Volta*. Il donne toujours en brûlant plus ou moins de l'acide formé par l'oxygène et le carbone.

§ V.

Du gaz hydrogène oxi-carburé.

1015. Ce fluide aériforme se compose, suivant *M. Berthollet*, d'oxygène, de carbone et d'hydrogène, le tout fluidifié par le calorique. Quelques chimistes prétendent qu'il est composé exclusivement de carbone, et d'oxygène en quantité insuffisante pour lui donner de l'acidité. De là vient qu'ils le nomment *gaz oxide de carbone*.

Il existe entre le gaz hydrogène carburé et le gaz hydrogène oxi-carburé des différences qui ne permettent pas de les confondre.

1°. Le gaz hydrogène oxi-carburé, est beaucoup moins combustible ;

2°. Il exige une quantité d'oxygène beaucoup moins grande ;

3°. Il brûle avec une flamme bleue, quoique cette propriété ne doive pas être regardée comme constante ;

4°. Il donne beaucoup moins d'eau dans sa combustion, et quelquefois il n'en donne pas d'apparente ;

5°. Il a ordinairement une pesanteur spécifique plus grande.

1016. Pour connoître la nature de ce fluide aériforme, il importe d'examiner avec soin les principales circonstances qui accompagnent sa formation.

Première expérience. On fait détoner quatre mesures de gaz oléfiant avec trois mesures de gaz oxygène, et au lieu d'avoir une condensation de volume, on observe, au contraire, une dilatation; les sept mesures occupent la place de onze, et il se fait sur l'eudiomètre un dépôt charbonneux. Si l'on soumet à la détonation ce nouveau gaz, avec une proportion convenable d'oxygène, son analyse fait voir qu'il est composé du carbone qui existoit dans une quantité correspondante du gaz primitif, abstraction faite de la petite portion qui a formé le dépôt charbonneux, de son hydrogène, excepté une très-petite partie qui a produit de l'eau, et de l'oxygène employé dans la première détonation, moins la petite quantité qui est entrée dans la composition de l'eau.

Deuxième expérience. Si l'on fait détoner quatre mesures de gaz hydrogène carburé provenant de la distillation d'une huile, et dans lequel le carbone est en beaucoup plus grande proportion, avec trois mesures de gaz oxygène, on observe une dilatation comme dans l'expérience précédente; mais ici il se forme un peu d'acide carbonique, tandis que la détonation du gaz oléfiant a produit une petite quantité d'eau. La nature de l'air dilaté est néanmoins toujours la même, car l'analyse fait voir qu'il est composé d'oxygène, d'hydrogène et de carbone. *Cruikshank* avoit observé avant *M. Berthollet* cette dilatation, et décrit des effets peu différens.

Ces deux expériences concourent à prouver l'existence d'une espèce de gaz inflammable qui se com-

pose d'oxygène, de carbone et d'hydrogène, et qui est conséquemment un véritable hydrogène oxi-carburé.

1017. Ce gaz peut recevoir des proportions très-différentes de ses trois élémens; car l'analyse du gaz dilaté de la première expérience donne une différence considérable avec celle du second. Il en est donc, à cet égard, de l'hydrogène oxi-carburé comme du carburé, qui reçoit dans sa composition des proportions très-variables d'hydrogène et de carbone.

Il paroît encore, d'après les expériences que nous avons décrites, que c'est le propre du gaz oxygène d'augmenter le volume de la combinaison gazeuse dont il fait partie. En vain voudroit-on attribuer cette propriété au carbone. Pour détruire cette prétention, il suffit de remarquer que le carbone a naturellement la plus grande fixité, tandis que le gaz oxygène a une grande disposition à l'état élastique.

§ VI.

Du gaz oléfiant.

1018. Les chimistes hollandais ont obtenu du gaz hydrogène carburé, en distillant quatre parties d'acide sulfurique et une d'alcool; et ils ont reconnu à ce gaz des propriétés qui l'ont fait nommer *gaz oléfiant*. Sa pesanteur spécifique combinée avec les produits de la détonation, fait voir qu'il contient à peu près 1 grain 560 de carbone, et 0,520 d'hydrogène. Parmi les différentes espèces de ce gaz hydrogène carburé, c'est celui qui contient les plus grandes proportions de ces deux élémens.

Si l'on presse ce gaz à travers un tube rougi, il se fait sur ce tube un dépôt charbonneux et d'un peu d'huile noire ; et il passe dans le récipient une fumée charbonneuse, mais point d'acide carbonique : il éprouve dans cette opération une légère dilatation dans son volume, et l'on trouve qu'il n'est plus composé que de 0,572 de carbone ; et de 0,312 d'hydrogène, de sorte qu'il a acquis une grande légèreté spécifique.

LIVRE VII.

Des Acides.

CHAPITRE PREMIER.

Des acides en général.

1019. ON appelle acide toute substance qui exerce sur l'organe du goût, une saveur aigre et piquante (1), qui altère en rouge les couleurs bleues végétales, et qui fait effervescence avec les alcalis. Chacune de ces propriétés, isolée, ne sauroit garantir l'existence d'un acide : lorsqu'elles sont réunies, elles nous manifestent sa présence.

1020. Pour peu qu'on réfléchisse sur les propriétés auxquelles on reconnoît un acide, il est aisé de voir qu'elles émanent de cette puissance attractive qui anime les plus petites particules de matière, lorsqu'elles sont en contact.

1021. La saveur aigre et piquante n'est autre chose qu'une action vive exercée sur l'organe du goût, ce qui annonce que l'acide tend à s'approprier

(1) Le mot *saveur* désigne une impression faite sur les nerfs par le corps sapide. On l'appelle *caustique*, lorsque son action continuant, elle désorganise entièrement le tissu de la peau et fait éprouver une vive douleur.

par la combinaison , les parties du corps qu'il touche , et cette tendance à la combinaison est produite par la force attractive.

1022. L'altération en rouge des couleurs bleues végétales a pour cause l'attraction qu'exercent l'un sur l'autre, réciproquement, l'acide et la matière colorante; et personne n'ignore que c'est le propre des composés, d'acquies des propriétés* que ne partagent jamais les substances composantes. La propriété acquise est donc ici de réfléchir différemment la lumière. La couleur bleue n'est point détruite, ou du moins elle ne l'est que par combinaison : aussi la voit-on reparaitre du moment que l'acide l'abandonne , soit que cet abandon soit déterminé par la grande volatilité de l'acide , ce qui a lieu pour l'acide carbonique ; soit que l'acide cède à l'attraction d'un autre corps qui l'attire plus fortement, ce qui a lieu lorsqu'on sature l'acide par l'alcali. Ajoutons que toutes les couleurs bleues végétales ne sont pas altérées par tous les acides. La teinture de tournesol est la seule sur laquelle l'acide carbonique agisse d'une manière sensible. L'acide nitreux ne rougit pas le papier bleu qui couvre les pains de sucre, et l'indigo résiste avec opiniâtreté à l'action de l'acide sulfurique concentré.

1023. L'effervescence avec les alcalis consiste dans le dégagement d'un acide aériforme, lorsqu'on effectue le mélange d'un alcali et d'un acide. Mais, outre que l'acide carbonique et tous les acides foibles ne peuvent être reconnus à cette propriété,

les alcalis et les terres caustiques s'unissent toujours aux acides paisiblement et sans effervescence. L'effervescence n'est donc point un indice certain de la présence d'un acide; et lorsqu'elle a lieu, elle est toujours déterminée par l'attraction que l'acide exerce sur l'alcali qu'on lui présente, elle nécessite l'abandon que fait l'alcali de l'acide aéroforme qui lui étoit uni.

1024. Ici se présente naturellement la question de savoir quelle est en général la nature des acides. Nous renvoyons nos lecteurs, pour cet objet, au n° 900 de cet Ouvrage, où nous avons recherché la nature du gaz oxygène.

1025. Nous ne parlerons que des acides minéraux, et particulièrement de ceux qui, par leur forme gazeuse, rentrent dans le domaine de la Physique. L'examen des acides végétaux et des acides animaux appartient exclusivement à la chimie. Avant d'entrer en matière, il importe de décrire un instrument imaginé par *Woulf*, qui sert à la fabrication de la plupart des acides.

Il consiste principalement à adapter l'extrémité d'un tube creux et recourbé à la tubulure d'un récipient, tandis que l'autre bout plonge dans l'eau d'un flacon à moitié plein d'eau, qu'on place à côté. De la partie vide de ce même flacon, part un second tube qui va se rendre dans l'eau d'un second flacon. On peut en ajouter plusieurs, en suivant la même marche, et en prenant la précaution de laisser le dernier ouvert, pour donner aux vapeurs une issue libre et facile. On lute les jointures de l'appareil.

pareil avec un lut qu'on prépare en mêlant un peu de chaux vive, très-divisée, au blanc d'œuf. On bat ce mélange pour faciliter la combinaison, et on le porte promptement sur des morceaux de vieux linge qu'on applique sur les jointures.

CHAPITRE II.

De l'acide carbonique.

1026. L'ACIDE carbonique est un fluide aériforme méphitique et acide, qui est très-abondant dans la nature. Les Anglais l'ont appelé *air fixe*; Beuwly, *acide méphitique*; Bergman, *acide aérien*; Bucquet, *acide crayeux*. Nous verrons, en parlant de la nature de cet acide aériforme, que le nom d'acide carbonique lui convient mieux que tous les autres.

1027. On trouve l'acide carbonique sous forme de gaz, dans quelques cavités souterraines, telles que les tombeaux, les caves, les puits, les grottes, etc. Les eaux minérales retiennent ce fluide aériforme dans un état de mélange, puisqu'il y jouit de toutes ses propriétés acides. Il existe dans un état de combinaison dans les substances calcaires, dans les alcalis, dans un grand nombre de corps naturels. La fermentation de la vendange et de la bière donnent naissance au dégagement de cette substance gazeuse. La combustion des charbons et la respiration des animaux en produisent aussi une quantité considérable. Enfin, toutes les parties des plantes, et

surtout les feuilles plongées dans l'ombre, en transpirent sans cesse.

1028. Il est aisé de recueillir l'acide carbonique, lorsqu'il existe sous forme gazeuse. On remplit, pour cet effet, une bouteille d'eau; on la vide dans l'atmosphère de ce gaz, qui prend la place de l'eau, et on bouche ensuite la bouteille, pour empêcher son évaporation.

1029. Le gaz acide carbonique est à l'état de simple mélange dans les eaux minérales, les vins mousseux, etc. On peut l'obtenir, 1°. par l'agitation du liquide qui le contient; 2°. par la chaleur, qui favorise beaucoup le dégagement de ce gaz. Le contact de l'air produit d'autant plus vite le même effet, que sa température est plus élevée. Aussi, pour conserver les eaux minérales, les vins mousseux, etc., faut-il les enfermer dans des vaisseaux bien bouchés, exposés au froid, ou les tenir fortement comprimés.

1030. Lorsque le gaz acide carbonique est dans un état de combinaison, comme dans la craie, etc., on l'obtient aisément par la réaction des autres acides. On mêle, par exemple, de la craie en poudre avec une certaine quantité d'acide sulfurique. Il se fait une prompte effervescence. La craie se décompose en ses principes constituans. La chaux, qui est un de ses principes, se combine avec l'acide sulfurique pour former du sulfate de chaux, tandis que l'acide carbonique, autre partie constituante de la craie, s'unit au calorique, et se dégage sous forme de gaz. On le recueille dans des cloches disposées à

le recevoir , sur la cuve de l'appareil pneumatochimique.

1031. Le gaz acide carbonique est invisible , élastique, inodore, etc. Il est pesant , et sa pesanteur est à peu près double de celle de l'air atmosphérique. C'est cette pesanteur qui fait qu'on le transvase facilement d'un vase dans un autre, comme tous les fluides, et qu'on le tire par le robinet d'une cuve, après le vin.

1032. Ce fluide aériforme est véritablement acide. Tous les physiciens sont aujourd'hui parfaitement d'accord sur cet article. Aussi ne ferons-nous qu'indiquer les phénomènes qui établissent son acidité.

1°. Ce gaz est constamment le même, soit qu'on le dégage par le feu, sans acide, soit qu'on le dégage par les acides, sans feu : il n'emprunte donc pas de ces agens, les propriétés qui nous portent à le juger essentiellement acide.

2°. Il altère en rouge l'infusion du tournesol, et cette altération s'évanouit à mesure qu'il se dissipe.

3°. Il neutralise les alcalis.

4°. Il précipite l'eau de chaux.

1033. Le gaz acide carbonique n'est pas propre à alimenter la combustion.

Première expérience. Prenez trois tubes de verre d'une certaine hauteur ; remplissez le premier d'air atmosphérique, le second de gaz acide carbonique, le troisième de gaz oxigène. Tout étant ainsi disposé, plongez successivement et avec promptitude, une bougie allumée dans ces trois tubes, en com-

mençant par celui qui est rempli d'air commun; ensuite par le tube rempli de gaz acide carbonique, enfin par celui qui contient le gaz oxygène. Dans le tube rempli d'air atmosphérique, la bougie brûle avec son éclat ordinaire; elle s'éteint subitement dans le tube rempli de gaz acide carbonique, et se rallume ensuite dans le tube qui contient le gaz oxygène, en répandant une clarté éblouissante. Si l'on recommence cette opération en suivant l'ordre indiqué pour l'immersion de la bougie, on obtient toujours le même effet, jusqu'à ce que le gaz oxygène soit tout-à-fait consumé.

Cette expérience offre en même temps un spectacle agréable à la vue, la confirmation d'une vérité déjà établie, savoir, que le gaz oxygène est beaucoup plus propre à la combustion que l'air atmosphérique; et enfin la preuve la plus complète que les corps enflammés ne sauroient brûler dans le gaz acide carbonique.

1034. Le gaz acide carbonique est nuisible à la respiration.

Il existe près de Naples, une grotte connue sous le nom de *grotte du Chien*, qui est remplie de ce fluide aériforme. Deux criminels, que Pierre de Tolède y fit renfermer, y périrent subitement. Tibère y fit descendre deux esclaves qui y éprouvèrent le même sort. Pilatre de Rozier faillit aussi à devenir la victime de sa hardiesse et de sa témérité. Il se fit descendre dans une masse de gaz acide carbonique qui reposoit sur une cuve de bière en fermentation. A peine fut-il entré dans cette atmosphère,

qu'il sentit de légers picotemens qui le forcèrent à fermer les yeux, et une suffocation violente qui l'empêcha de respirer. Il éprouva dans cette situation tous les symptômes d'une apoplexie prochaine, qui durèrent encore quelque temps après qu'on l'eut rendu à l'air atmosphérique.

Tous ces faits prouvent invinciblement que le gaz acide carbonique est nuisible à la respiration. On peut encore se convaincre de cette vérité, par l'expérience suivante.

Deuxième expérience. Après avoir rempli un tube de verre, de gaz acide carbonique, on y renferme un oiseau ou un animal quelconque. Dès que l'oiseau est plongé dans l'atmosphère de ce gaz, on le voit respirer avec peine, ouvrir le bec, éprouver des convulsions violentes, et périr, si on ne lui donne promptement du secours.

Cette expérience atteste les dangereux effets du gaz acide carbonique, puisque les animaux qui le respirent sont suffoqués s'ils ne sont secourus à temps. Mais quel est le remède le plus prompt et le plus convenable en pareilles circonstances? La solution de ce problème tient à une expérience qui fut faite à l'Académie des Sciences, le 10 mai 1777, en présence de l'Empereur. Lavoisier répéta quelques expériences du docteur Priestley, sur le gaz acide carbonique. Il mit un oiseau dans un vase de verre, où à peine eut-il versé du gaz acide carbonique, qu'on vit l'oiseau s'agiter et perdre, en apparence, tout sentiment de vie. Lavoisier retira l'oiseau

du vase qui le renfermoit, et le présenta pour mort à l'Empereur. Sage s'empara du prétendu défunt, et lui plongea le bec dans de l'ammoniaque liquide, qu'il tenoit dans le creux de sa main. L'oiseau donna aussitôt quelques signes de vie, mais il retomba bientôt dans son premier état : nouvelle dose d'ammoniaque, nouvelle résurrection. La nature mieux secondée dans cette seconde application de l'ammoniaque, reprit toute son énergie. L'oiseau se tint ferme sur ses pattes, marcha, battit des ailes et s'envola.

1035. La propriété qu'a le gaz acide carbonique de tuer promptement les animaux qui le respirent, doit souffrir quelque légère restriction relativement aux insectes. Priestley a observé, 1°. que des grenouilles plongées dans une atmosphère de ce gaz, y vivent 40 à 60 minutes, en suspendant la respiration; 2°. que les insectes s'y engourdissent après quelque temps de séjour, mais qu'ils reprennent leur gaité du moment qu'on les expose à l'air atmosphérique.

1036. Le gaz acide carbonique est promptement nuisible aux végétaux plongés dans ce fluide. 1°. Des jets de menthe aquatique, placés sur la liqueur fermentante, meurent dans un jour, ou même dans un moindre espace de temps, et ils ne reprennent point leur première fraîcheur, lorsqu'on les remet ensuite dans l'air commun. 2°. Priestley a souvent éprouvé qu'une rose nouvellement cueillie perd sa couleur et devient d'un rouge pourpre, après avoir été dans le gaz

acide carbonique pendant environ vingt-quatre heures. Les extrémités des feuilles sont plus affectées que le reste.

1037. Cette substance gazeuse se dissout dans l'eau, mais avec lenteur. En agitant ces deux fluides, et en multipliant d'une manière quelconque leur contact, ils s'unissent et forment une liqueur acidule que *Bergman* a appelée *eau aérée*. L'eau dissout une quantité de gaz acide carbonique d'autant plus grande que l'eau est plus froide. Mais cette saturation a un terme, et l'eau la plus froide ne paroît pas pouvoir en absorber plus qu'un volume égal au sien, sous la pression moyenne de l'atmosphère.

1038. *Priestley*, *Nooth*, *Parker*, *Magellan*, *Chaulnes*, etc. se sont occupés presque en même temps de trouver un moyen simple et facile d'imprégner l'eau de toute la quantité de gaz acide carbonique qu'elle peut dissoudre; mais leurs appareils, aujourd'hui trop généralement connus pour qu'il soit utile d'en donner la description, ne pouvoient servir qu'à faire absorber par l'eau un volume d'acide carbonique égal au sien; et cependant les besoins de la société commandoient l'invention d'un procédé propre à imiter la nature dans la fabrication des eaux de Seltz, de Spa, etc., qui contiennent depuis deux jusqu'à cinq fois leur volume d'acide carbonique.

La propriété qu'a le gaz acide carbonique de se dissoudre dans l'eau en quantité proportionnelle à la pression, inspira à MM. Paul et Gosse de Genève, l'idée d'adapter une pompe foulante à un

appareil hydro-pneumatique pour favoriser l'absorption de l'acide carbonique; et bientôt ils parvinrent à fabriquer des eaux gazeuses qui contenoient trois ou quatre fois leur volume d'acide carbonique. C'est probablement en suivant cette méthode, qu'on prépare depuis plus de dix ans à Tivoli, des eaux minérales factices, qui ont avec les eaux minérales naturelles les plus grands traits de ressemblance. L'appareil employé pour cette préparation a des dimensions trop étendues pour qu'il puisse servir à des usages domestiques. M. Planche, habile pharmacien de Paris, s'est occupé avec succès de le simplifier, ou plutôt de lui substituer une machine portative, qui ne diffère de la fontaine de compression qu'en ce que dans celle-ci on injecte une grande quantité d'air commun dans l'intérieur du vaisseau, tandis que dans l'appareil de M. Planche, le gaz acide carbonique est adroitement substitué à l'air de l'atmosphère.

1039. L'eau saturée de gaz acide carbonique ne diffère des eaux minérales naturelles que par d'autres principes qu'elles tiennent en dissolution. On peut les imiter lorsque l'analyse en est bien connue. Le gaz acide dont une eau quelconque est imprégnée, la rend propre à recevoir les autres principes qui doivent entrer dans sa composition. Elle dissoudra parfaitement la quantité de sel qui lui convient; et si outre ce sel elle doit contenir un principe ferrugineux, il n'est pas douteux qu'elle n'en prenne jusqu'à saturation. Il paroît même que la propriété de dissoudre le fer appartient exclusive-

ment à l'eau saturée de gaz acide carbonique. Pour s'en convaincre, on met de la limaille de fer, et à même dose, dans deux verres différens; on verse dans l'un et dans l'autre la même quantité d'eau distillée, avec cette seule différence, que l'une des deux soit saturée de gaz acide carbonique. On laisse les choses dans cet état pendant un certain temps; on filtre ensuite ces deux eaux à travers le papier gris; elles sont aussi claires, aussi limpides l'une que l'autre; mais on trouve à celle qui a été saturée de gaz acide carbonique, un goût ferrugineux qu'on ne découvre aucunement dans l'autre. Si l'on jette sur l'une et sur l'autre quelques gouttes d'infusion de noix de galles, ou même une pincée de noix de galles réduite en poudre, on voit la première prendre une couleur violette, qui dégénère en peu de temps, et passe au noir, ce qui n'arrive pas à l'eau pure distillée, quoiqu'elle ait séjourné le même temps sur le fer.

1040. Le gaz acide carbonique est favorable ou nuisible à la végétation suivant les circonstances. Il est nuisible, lorsque le végétal est plongé dans une atmosphère de ce gaz. Il est salulaire, lorsque l'eau saturée de ce gaz est appliquée aux racines des plantes. L'acide carbonique se décompose par l'influence des rayons solaires qui s'emparent de l'oxigène, tandis que le carbone devient une des parties constituantes du végétal.

1041. Le docteur Machride a reconnu que le gaz acide carbonique a la propriété de conserver les substances animales, et de retarder leur putréfac-

tion. Ce physicien a placé dans une atmosphère de gaz acide carbonique, un morceau de chair putréfiée, qui est devenu ferme et frais après quelque temps de séjour dans ce fluide aériforme.

Cette expérience, qu'il est aisé de répéter, n'a rien qui puisse exciter la surprise, si l'on fait attention que les substances animales ne se putréfient qu'en se combinant avec l'oxygène, et que par conséquent la présence du gaz oxygène, ou du moins d'une substance capable de fournir de l'oxygène, telle que l'eau, par exemple, est nécessaire à leur putréfaction. . . . Le docteur Macbride pense qu'on arrête les progrès de la putréfaction des substances animales, en les environnant de gaz acide carbonique, parce qu'on s'oppose au dégagement du gaz acide carbonique qu'elles laissent toujours échapper dans l'acte de leur putréfaction. Quelle que soit la cause de ce phénomène, il n'en est pas moins vrai qu'il existe, et qu'il peut conduire à des résultats utiles à l'humanité.

1042. Si le gaz acide carbonique arrête les progrès de la putréfaction, s'il en fait rétrograder la marche, que ne doit-on pas attendre de ce remède, lorsque, aidé des effets de la nature, on l'appliquera immédiatement au corps vivant attaqué d'une maladie putride.

Hey s'en est servi le premier avec avantage. Encouragé par le résultat des expériences consacrées dans l'ouvrage de Macbride, et par les justes réflexions du docteur Priestley, il se détermina à administrer des lavemens de gaz acide carbonique à

un malade dévoré par une fièvre putride très-opiniâtre, qui avoit résisté jusqu'à cette époque aux remèdes employés ordinairement dans de semblables maladies. Il fit plus, il mêla du gaz acide carbonique à la boisson du malade, et à l'aide de ce seul remède, il eut le plaisir de voir disparaître en peu de jours tous les symptômes de cette dangereuse maladie.

Le gaz acide carbonique a été employé ensuite par différens médecins dans de pareilles circonstances, et une prompte guérison en a presque toujours justifié l'usage.

On l'a appliqué aussi avec succès aux maladies cancéreuses. Le docteur Percival rendant compte, en 1774, des effets médicaux du gaz acide carbonique, disoit que cet acide produisoit des effets merveilleux sur un cancer qui avoit constamment résisté au cataplasme de carottes. Il adoucit la saignée mordante, il apaisa les douleurs, et facilita la digestion. Cette observation est appuyée par une autre du même genre, qui fut communiquée, en 1776, à l'Académie des Sciences de Paris. Elle confirme l'efficacité surprenante du gaz acide carbonique pour dissiper les fâcheux accidens de cette cruelle maladie. Ajoutons à tous ces témoignages, celui de Magellan qui atteste de semblables guérisons. Il écrivit en 1777 (1), qu'on venoit d'appliquer récemment le gaz acide carbonique à un can-

(1) Sa lettre est consignée dans le *Journal de Physique*, cahier d'août 1777.

cer ouvert de 16 pouces, mesure anglaise, selon son grand diamètre. Il étoit couvert d'une sanie purulente et fétide, qui excitoit des douleurs insupportables au malade; et dans l'espace de huit jours, le gaz acide carbonique fit cesser les douleurs, détruisit la sanie et la mauvaise odeur, et réduisit les dimensions de la plaie à quatre pouces de diamètre.

1043. Le gaz acide carbonique est aussi regardé comme un véritable dissolvant des pierres qui s'engendrent dans la vessie. Hulme a cru en avoir dissous une, en procurant le dégagement de cet acide aériforme dans les premières voies, par la boisson successive d'une dissolution alcaline et d'un acide très-délayé. La sortie de plusieurs fragmens de cette pierre, et la diminution des douleurs qu'éprouvoit le malade, ont décidé son opinion.

Ces heureuses et multipliées applications du gaz acide carbonique sont faites pour intéresser le genre humain, et particulièrement pour fixer l'attention de ceux qui consacrent leur vie et leurs talens à soulager l'humanité souffrante.

Après avoir développé avec assez d'étendue, les principales propriétés qui distinguent le gaz acide carbonique, il est temps de nous occuper de sa nature.

1044. Les physiciens étoient partagés, il n'y a pas long-temps, sur cette question importante. Les uns pensoient que le gaz acide carbonique est composé de gaz hydrogène ou air inflammable, et de gaz oxygène ou air vital. Les autres soutiennent que cet acide aériforme résulte de la combinaison du car-

bonne avec le gaz oxygène. Cette dernière opinion nous paroît appuyée sur des expériences bien propres à décider la préférence en sa faveur.

Troisième expérience. On met un charbon embrasé dans un flacon rempli de gaz oxygène; on bouche ensuite promptement le tube. Le charbon brûle avec beaucoup d'activité, et finit par s'éteindre. Il résulte de cette combustion une production de gaz acide carbonique, dont on peut s'emparer en introduisant dans le flacon de la potasse caustique, qui a la propriété de neutraliser cet acide aériforme. Ce qui reste est une petite quantité de gaz oxygène qu'on peut convertir en gaz acide carbonique, en le traitant de la même manière.

Dans cette expérience, on ne voit que charbon et gaz oxygène. Il est donc naturel de conclure que le gaz acide carbonique qui est formé, résulte de la combinaison réciproque de ces deux substances. Mais comment se fait cette combinaison? A une haute température, le carbone a plus d'attraction pour l'oxygène, que l'oxygène n'en a pour le calorique. Le gaz oxygène doit donc se décomposer; l'oxygène qui lui sert de base se combine avec le carbone et une portion de calorique, pour former le gaz acide carbonique, tandis que le reste du calorique, autre principe du gaz oxygène, se dégage avec chaleur et lumière, en prenant l'état de liberté. On ne doit pas être surpris qu'il n'y ait qu'une portion du calorique résultant de la décomposition du gaz oxygène, qui soit employée à la formation du gaz acide carbonique. La grande pesanteur de cet acide

nous prouve en effet que pour avoir la fluidité aériforme, il n'a pas besoin d'une aussi grande quantité de calorique qu'en exige le gaz oxygène.

1045. L'explication que nous venons de donner est si simple, si naturelle, qu'elle paroît ne devoir souffrir la plus légère contradiction. Quelques chimistes se sont cependant présentés pour la combattre; mais les difficultés qu'ils opposent ne nous paroissent avoir aucun trait de solidité. Le gaz acide carbonique qui résulte de la combustion du charbon dans le gaz oxygène, est formé, disent-ils, par la combinaison du gaz hydrogène que fournit le charbon ignescent avec le gaz oxygène. L'expérience suivante va dissiper ces doutes et justifier notre explication.

Quatrième expérience. On remplit une cloche de gaz oxygène; on met au-dessus du mercure, sur lequel repose la cloche, une quantité déterminée de charbon, privé de tout gaz hydrogène par une calcination préliminaire dans des vaisseaux fermés. (Sans cette précaution, on obtiendrait des gouttes d'eau qui altéreroient l'exactitude des résultats.) On place sur le charbon environ un quart de grain d'amadou, qu'on recouvre d'un atôme de phosphore: on fait ensuite passer un fer rouge recourbé à travers le mercure, pour allumer le phosphore. Le phosphore s'allume, met le feu à l'amadou, qui le communique au charbon. L'inflammation est très-rapide, et accompagnée de beaucoup de lumière. Le gaz acide carbonique est formé, et on s'en empare en introduisant dans la cloche de la potasse.

caustique, qui l'absorbe promptement. Il reste, après cette absorption, une petite portion de gaz oxygène aussi pur qu'au commencement de l'expérience.

Le gaz acide carbonique est produit dans cette expérience comme dans la précédente. Cependant le charbon a été dépouillé de tout gaz hydrogène par une calcination préliminaire que nous lui avons fait subir. Le gaz hydrogène du charbon n'a donc pu contribuer, dans l'autre expérience, à la formation du gaz acide carbonique; d'où il résulte évidemment que cet acide aériforme a été produit par la combinaison du charbon pur avec le gaz oxygène. Si cette conséquence pouvoit paroître équivoque, qu'on pèse avec exactitude, d'une part, le charbon et le gaz oxygène employé, de l'autre, le gaz acide carbonique produit, on verra que l'acide aériforme a une pesanteur justement égale à la somme du poids du charbon et de l'oxygène qui ont servi à le former. C'est ainsi que Lavoisier a trouvé qu'il faut 72 parties d'oxygène en poids pour en saturer 28 de charbon.

1046. Et qu'on ne dise pas qu'il est aisé d'obtenir du gaz acide carbonique en faisant brûler du gaz hydrogène. Si cela arrive quelquefois, c'est que le gaz hydrogène employé tient du carbone en dissolution. On peut même, comme nous l'avons déjà vu, dissoudre le carbone dans le gaz hydrogène, en l'exposant au foyer du miroir ardent, dans l'appareil au mercure, sous une cloche remplie de ce fluide aériforme. Le gaz hydrogène extrait d'un mé-

lange d'acide sulfurique et de fer, tient plus ou moins de carbone en dissolution, parce que le fer en contient plus ou moins. On ne doit donc pas être surpris que Landriani ait obtenu du gaz acide carbonique en excitant l'étincelle électrique dans le gaz oxygène, par le moyen d'un conducteur de fer.

1047. A ces preuves synthétiques de la composition de l'acide carbonique se joignent des preuves analytiques qui ne sont pas équivoques.

1°. Si l'on fait passer un courant d'étincelles électriques au travers d'une quantité déterminée de gaz acide carbonique placée sur le mercure, le gaz acide se partage en oxygène et en gaz oxide carbonneux. On enlève au moyen d'une solution de potasse, l'acide qui a échappé à la décomposition, et l'on fait passer l'étincelle électrique; le résidu s'enflamme, l'oxygène et l'oxide carbonneux s'unissent pour recomposer l'acide carbonique.

2°. Lorsque l'étincelle électrique traverse un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène, celui-ci enlève à l'acide une portion d'oxygène et le fait passer à l'état d'oxide carbonneux.

3°. D'après les expériences de M. Davy, le potassium s'enflamme dans l'acide carbonique à l'aide de la chaleur. Une partie du métal s'oxide, et l'autre partie s'unit avec le charbon qui est précipité.

4°. Enfin Tennant, de la Société royale de Londres, a imaginé un moyen ingénieux d'effectuer la décomposition de l'acide carbonique: voici en quoi il consiste.

Cinquième

Cinquième expérience. On prend un tube de verre, fermé à un bout et recouvert d'argile et de sable pour éviter l'action subite du calorique; on y introduit d'abord un peu de phosphore, et ensuite une petite quantité de marbre en poudre (L'expérience réussit plus promptement, si le marbre est légèrement calciné). Dès que les substances sont introduites dans le tube, on le ferme presque entièrement, afin d'empêcher que la circulation de l'air n'enflamme le phosphore, et que l'air échauffé dans le tube puisse en sortir. On expose le tube à un feu brusque et violent : lorsque le tube est resté rouge pendant quelques minutes, on le retire du feu, on le laisse refroidir, on le brise.

Ce tube contient une poudre noire composée de charbon mêlé avec du phosphate de chaux et du phosphore uni à la chaux (phosphure de chaux) : le phosphate de chaux peut être décomposé par la dissolution dans un acide et la filtration, et le phosphore séparé par la sublimation qui diffère de l'évaporation, en ce que la substance qu'on volatilise est solide. Le charbon ainsi obtenu de l'acide carbonique fourni par le marbre, ne semble différer en rien du charbon des végétaux. En en faisant brûler une petite partie dans une cornue, avec du nitre, on obtient de nouvel acide carbonique.

On sait depuis long-temps que l'acide phosphorique combiné avec la chaux, ne peut être décomposé par la distillation avec le charbon; car, quoique l'oxygène soit plus fortement attiré par le charbon que par le phosphore, il est cependant retenu dans

le composé par deux attractions; par celle qu'il a avec le phosphore, et par celle de l'acide phosphorique pour la chaux; ensorte que l'oxigène ne peut être dégagé que ces deux attractions ne soient surmontées. Ces attractions étant plus puissantes que celle que le charbon a pour l'oxigène, si le phosphore est mêlé avec l'acide carbonique et la chaux combinée, comme cela arrive dans cette expérience, il doit en résulter la décomposition de l'acide carbonique. L'oxigène doit s'unir au phosphore pour former du phosphate de chaux, et le charbon doit rester pur.

1048. En expliquant les phénomènes que présente cette expérience par la décomposition de l'acide carbonique qui se trouve dans le marbre, on éprouve des difficultés, parce qu'on ne compare pas la quantité d'acide carbonique disparue, avec celle de carbone et d'oxigène recueillie. Pour obvier à cet inconvénient, *Péarson* propose, dans un Mémoire imprimé dans le *Journal de Physique*, cahier de novembre 1792, une nouvelle manière de décomposer l'acide carbonique.

Sixième expérience. Exposez du carbonate de potasse avec du phosphore, à l'action d'un feu assez fort pour faire rougir le mélange.

Après l'expérience, le charbon se trouve libre, ou mêlé avec du phosphate de potasse. La quantité de charbon et d'oxigène que l'on obtient, étant à peu près égale à celle de l'acide carbonique qui disparoit, il ne peut plus rester aucun doute sur la décomposition de cet acide.

CHAPITRE III.*De l'Acide sulfurique.*

1049. Si l'on combine le soufre (1) avec l'oxigène, jusqu'au terme de saturation, le composé qui en résulte porte le nom d'*acide sulfurique*. On peut employer différens procédés pour obtenir cet acide.

1050. 1°. On l'extrait à la faveur de la distillation (2) des sulfates de fer, de cuivre ou de zinc. Ces procédés sont très-dispendieux, d'une exécution peu facile, et l'acide qui en résulte est toujours fort impur.

1051 2°. On peut obtenir l'acide sulfurique en combinant le soufre avec l'oxigène ou concret ou aériforme.

1052. On a d'abord effectué la combustion du soufre par le gaz oxigène, dans de grands ballons de verre, auxquels on a ensuite substitué de grandes

(1) M. Davy a prouvé la présence de l'hydrogène dans le soufre, qui conséquemment ne peut plus être regardé comme une substance élémentaire.

Ce chimiste pense que l'oxigène est un autre élément du soufre. La nature et les bornes de cet Ouvrage ne me permettent pas d'entrer dans le détail des expériences qui fondent cette opinion.

(2) On appelle *distillation*, une opération par laquelle on cherche à séparer par le feu les divers principes des corps, selon les lois de leur pesanteur et de leur attraction.

chambres de bois, recouvertes de plomb : on favorise la combustion en mêlant avec le soufre environ un huitième de nitrate de potasse. Les vapeurs acides qui remplissent la chambre se précipitent sur les parois, et on en facilite la condensation par une couche d'eau placée sur le fond de la chambre. Lorsque l'eau est suffisamment imprégnée d'acide, on la concentre dans des chaudières de plomb, et on la rectifie dans des cornues de verre, pour la blanchir et la mettre au degré du commerce. Cet acide, convenablement concentré, marque 66 degrés à l'aréomètre de *Beaumé*.

1053. Lorsqu'on présente l'oxigène concret, il est alors uni à d'autres substances, qu'il abandonne pour se combiner avec le soufre. C'est ainsi qu'on obtient l'acide sulfurique en distillant l'acide nitrique sur le soufre. 1464 grammes (48 onces) de cet acide à 36 degrés, distillés sur 60 grammes (environ 2 onces) de soufre, donnent 120 grammes (environ 4 onces) de bon acide sulfurique.

1054. La nature nous présente presque toujours l'acide sulfurique combiné avec différentes substances. On ne l'a encore trouvé à nu qu'aux environs de *Sienne* et de *Viterbe*, près des bains de *Saint-Philippe* en Italie, au-dessus de quelques eaux minérales sulfureuses, et dans quelques lieux volcanisés, ce qui paroît indiquer qu'il résulte de la combustion du soufre.

1055. L'acide sulfurique est susceptible de passer à l'état concret par l'abandon du calorique, et même de se cristalliser en prismes à six pans aplatis,

terminés par une pyramide hexaèdre. En l'obtenant sous cette forme de polyèdre régulier, on a été conduit à conclure, 1°. que l'acide très-concentré cristallise plus difficilement que celui qui marque entre 63 et 65 degrés; 2°. que le degré de froid convenable est de 1 à 3 sous 0.

1056. L'acide sulfurique ramené à son état de pureté, est distingué par les propriétés suivantes.

1°. Il est sous la forme d'un liquide sans couleur et sans odeur.

2°. Il a une consistance oléagineuse, ce qui le rend onctueux et gras au toucher. Cette propriété lui avoit fait donner le nom impropre et quelque fois perfide d'*huile de vitriol*.

M. Berthollet a été conduit par des expériences exactes à conclure que 100 parties d'acide sulfurique contiennent

43,28.....	Soufre.
56,72.....	Oxigène.
100,00	

3°. Sa pesanteur spécifique est à celle de l'eau comme 1840 est à 1000.

4°. Il a une saveur si caustique, qu'il brûle et détruit les organes des animaux.

5°. Il s'empare avec avidité de toutes les substances inflammables, qui le noircissent et le décomposent.

6°. La lumière ne lui fait souffrir aucune altération; il la réfracte, et cet effet dépend de sa

densité et de la nature de la substance combustible qu'il contient.

7°. Sa capacité pour le calorique est très-foible, ce qui n'empêche pas qu'on ne le fasse passer à l'état de vapeurs.

8°. Le gaz hydrogène mis en contact avec l'acide sulfurique dans un état approchant de l'ignition, le décompose. Il se forme de l'eau et de l'acide sulfureux.

D'après M. Gay-Lussac, l'acide sulfurique se décompose à une température très-élevée, et on obtient deux gaz formés d'une mesure de gaz acide sulfureux et d'une d'oxygène.

9°. Si l'on expose à l'air de l'acide sulfurique concentré, il absorbe l'eau suspendue ou dissoute dans le fluide aériforme, jusqu'à augmenter d'environ la moitié de son poids, et l'absorption est d'autant plus prompte, que l'air a plus d'humidité.

10°. Il existe entre l'acide sulfurique et l'eau une force d'attraction qui détermine entre ces deux substances une union vive et prompte, accompagnée de circonstances assez piquantes pour fixer l'attention du physicien.

Première expérience. On mêle quatre parties d'acide sulfurique concentré avec une partie de glace à 0. L'expérience fait voir que la glace passe promptement à l'état de liquide, et qu'il y a une augmentation de température qui va jusqu'à 80°, échelle de Réaumur.

Deuxième expérience. On mêle quatre parties de glace à 0, avec une partie d'acide sulfurique con-

centré. Il y a une diminution de température qui va jusqu'à 16 ou 18 degrés au-dessous de 0.

Pour expliquer ces phénomènes qui semblent d'abord contradictoires, il importe de remarquer que l'attraction entre l'acide sulfurique et la glace a, comme toutes les autres combinaisons, un terme de saturation qui existe entre quatre parties d'acide et une partie de glace : d'où il résulte que, dans la première expérience, les molécules de la glace et de l'acide mêlés dans la juste proportion qu'exige leur saturation réciproque, ont dû contracter l'union la plus intime, et éprouver un rapprochement très-considérable; ce qui a fait naître le dégagement d'une grande dose de calorique, et conséquemment une augmentation considérable de température.

Dans la seconde expérience, l'acide est saturé par un seizième de la glace mêlée : il se dégage donc une quantité de calorique suffisante pour élever la température de 20 degrés au-dessus de 0. Ce calorique dégagé se porte tout-à-coup, ainsi que le calorique environnant, sur les quinze autres parties de la glace employée, qui se fondent pour s'unir à l'acide après le premier seizième, qui s'y est d'abord uni. Mais les quinze parties de glace surabondante à la saturation de l'acide éprouvent évidemment une moindre condensation, elles perdent moins de calorique ; c'est pourquoi on n'a que 18 degrés de refroidissement, au lieu de 160 degrés que le calcul donne pour les quatre parties de glace unies à une partie d'acide, en supposant qu'il se

dégageât de ces quatre parties de glace la même quantité proportionnelle de calorique qu'il s'en dégage d'une seule dans la première expérience.

1057. L'union de l'acide sulfurique avec l'eau liquide est toujours marquée par un dégagement de chaleur; le mélange qui en produit le plus, est celui de quatre parties d'acide et une d'eau, comme pour la glace. La température s'élève ici jusqu'à 120 degrés, et va presque jusqu'au double de celle qui est produite par la glace. Quelques molécules d'eau jetées sur une grande quantité d'acide passent subitement à l'état de vapeur élastique.

CHAPITRE IV.

Du gaz acide sulfureux.

1058. ON peut obtenir le gaz acide sulfureux en faisant brûler du soufre sous une grande cloche au-dessus de l'eau, qui se charge de ce gaz à mesure qu'il se forme. Ce procédé donne très-peu d'acide; souvent même il est mêlé avec l'acide sulfurique. Ces inconvénients, joints à la lenteur du procédé, lui ont fait préférer celui de décomposer l'acide sulfurique par des substances combustibles, dont la plupart ont la propriété d'enlever à l'acide une partie de son oxygène, et de le faire passer ainsi à l'état d'acide sulfureux.

1059. Toutes les substances végétales et animales peuvent servir à cet objet; mais comme elles peuvent

altérer le gaz acide par plusieurs vapeurs, et surtout par l'acide carbonique qu'elles fournissent; on doit préférer une substance métallique qui n'a jamais cet inconvénient.

Expérience. On met une partie de mercure coulant et deux parties d'acide sulfurique concentré dans une cornue de verre, dont le bec plonge dans une cuve hydrargiro-pneumatique, sous une cloche pleine de mercure, et on expose le mélange à un degré de feu considérable. Lorsque l'acide commence à bouillir, il se dégage un gaz permanent, qui chasse le mercure contenu dans la cloche pour occuper sa place.

L'acide sulfurique n'est autre chose que du soufre saturé d'oxygène. Le mercure est une substance métallique combustible qui, à une haute température, a quelque attraction pour l'oxygène. Cela posé, qu'arrive-t-il dans l'expérience que nous venons de décrire? Le mercure enlève à l'acide sulfurique une partie de son oxygène; il passe à l'état d'oxide, et l'acide sulfurique dépouillé d'une partie de son oxygène, devient acide sulfureux, qui reçoit du calorique avec lequel il se combine, la fluidité aéroforme: d'où il résulte que le gaz acide sulfureux n'est autre chose qu'une combinaison de calorique et de soufre, avec moins d'oxygène qu'il n'en faut pour constituer l'acide sulfurique, ou une combinaison de calorique et de soufre rendu faiblement acide par une portion d'oxygène. Si l'on veut se convaincre de cette vérité, 1° qu'on enlève au gaz acide sulfureux la portion d'oxygène qui lui donne

l'acidité, et le calorique qui lui donne la fluidité aériforme, on le fera passer à l'état de véritable soufre; 2°. qu'on expose le gaz acide sulfureux à l'air atmosphérique, la présence de l'air commun le réduira à l'état d'acide sulfurique. Et comment l'air commun pourroit-il opérer cette transformation, si ce n'est en fournissant au gaz acide sulfureux l'oxigène qui lui manque pour devenir acide sulfurique ?

1060. Le gaz acide sulfureux est invisible et élastique; il exhale une odeur de soufre très-âcre et très-piquante. Sa pesanteur est plus que double de celle de l'air atmosphérique. Celle du premier est à celle du second, comme 206 est à 100; et à celle de l'eau distillée, comme 25,3929 est à 10000,0000. 19816 millimètres³ cubes (1 pouce cube) de ce gaz pèsent 50 milligrammes (environ 1 grain), et 34 décimètres cubes (1 pied cube) pèsent 90 grammes (environ 2 onces 7 gros).

1061. Le gaz acide sulfureux tue promptement toute sorte d'animaux, même les insectes.

1062. Il éteint subitement les bougies allumées et les corps enflammés quelconques.

1063. Il se combine avec les alcalis, et forme avec eux des sels qui diffèrent de ceux que forme l'acide sulfurique, par la forme, la saveur, et surtout par la propriété d'être décomposés par les acides les plus foibles.

1064. Ce fluide aériforme s'unit à l'eau et à la glace, qu'il fait fondre en raison du calorique qui se dégage

pendant qu'il se fixe , et il redevient par là acide sulfureux liquide.

1065. Il rougit et décolore la plupart des couleurs bleues végétales.

1066. Il a la propriété de blanchir la soie , et de lui donner de l'éclat.

CHAPITRE V.

*De l'acide nitrique , de l'acide nitreux , du gaz nitreux
et du gaz oxide nitreux.*

1067. L'ACIDE nitrique se présente , lorsqu'il est pur , sous la forme d'un liquide blanc , dont la pesanteur est à celle de l'eau distillée , dans le rapport de 15 à 10. Il rougit et détruit les couleurs bleues et plusieurs autres couleurs végétales ; mis en contact avec les substances organisées , il les brûle , ou leur imprime une couleur jaune , suivant qu'il a plus ou moins de force et d'énergie. Un des caractères les plus propres à manifester sa présence , et qu'il conserve jusqu'à ce que sa pesanteur spécifique soit à celle de l'eau comme 13 à 10 , c'est qu'il exhale une vapeur blanche d'une odeur âcre , et nauséuse.

1068. Cet acide ne se présente jamais à nu dans la nature. Toujours combiné avec différentes substances , et particulièrement avec la potasse , nous sommes forcés de l'arracher à ses combinaisons pour l'appliquer à nos usages. C'est l'acide sulfurique qu'on emploie le plus souvent pour cet objet : on prend du nitrate de potasse bien pur , on l'introduit

dans une cornue tubulée qu'on place dans un bain de sable, et à laquelle on adapte un récipient; on lute avec soin toutes les jointures; on verse par la tubulure, moitié poids d'acide sulfurique, et on procède à la distillation : il importe de placer un tube à la tubulure du récipient, de manière qu'il plonge dans l'eau, pour coërcer les vapeurs, et écarter le danger d'une explosion.

1069. L'acide nitrique ainsi préparé, n'est jamais bien pur : presque toujours la présence de l'acide sulfurique et de l'acide muriatique altère sa pureté, quelque précaution qu'on ait prise pour purifier le nitrate de potasse. On lui enlève l'acide sulfurique en le redistillant sur du nitrate de potasse bien pur, qui retient le peu d'acide sulfurique qui se trouve dans le mélange : on le dépouille de l'acide muriatique, à la faveur de quelques gouttes d'une dissolution de nitrate d'argent qui précipitent cet acide; on laisse reposer la liqueur, on la décante de dessus le dépôt; on l'expose à une chaleur douce, jusqu'à ce qu'elle ait perdu toute matière colorante, ainsi qu'une certaine quantité d'eau qui l'affoiblit, et alors on a l'acide nitrique dans toute sa force et dans toute sa pureté.

1070. L'acide nitrique exposé à la lumière, la réfracte dans une raison un peu plus forte que sa densité.

1071. Le calorique bien ménagé dilate et volatilise cet acide sans lui faire souffrir aucune altération; mais si l'action du calorique est brusque et forte, comme lorsque l'on fait passer cet acide à travers

un tube de porcelaine incandescent, l'acide se décompose, et il en résulte un fluide aériforme plus pur que l'air atmosphérique, en raison de la grande quantité de gaz oxygène qui entre dans sa composition. Cet effet annonce déjà que les principes constituans de l'acide nitrique ne contractent pas une union très-intime.

1072. L'acide nitrique s'unit à l'eau en toutes proportions, et c'est probablement cette grande attraction de l'eau pour cet acide qui l'empêche de se présenter sous la forme d'un fluide élastique. L'eau lui ôte de son énergie, et le constitue ce qu'on appelle *eau forte* dans le commerce.

1073. Nous avons vu que les principes constituans de l'acide nitrique n'adhèrent que faiblement l'un à l'autre. De là cette grande facilité qu'ont presque toutes les substances combustibles, de décomposer cet acide en lui enlevant une partie de l'oxygène qui le constituoit acide nitrique, et de le faire passer à l'état d'un fluide élastique connu sous le nom de gaz nitreux. Il importe de suivre avec détail les phénomènes qui accompagnent cette décomposition : ils vont nous éclairer parfaitement sur la nature de cet acide.

Première expérience. Dans une fiole à médecine, mêlez de la limaille de cuivre ou de fer avec de l'acide nitrique ; bouchez la fiole avec un bouchon de liège auquel est adapté un tube de verre dont l'extrémité recourbée plonge dans la cuve de l'appareil hydro-pneumatique sous une cloche pleine de mercure. Exposez enfin le mélange renfermé

dans la fiole à la chaleur douce et uniforme d'une bougie allumée. Il se fait dans l'instant, et avec une vive effervescence, un dégagement considérable de gaz nitreux qui s'élève par sa légèreté dans la partie supérieure de la cloche. Le métal se trouve réduit à l'état d'oxide.

1074. Ce fluide aériforme, examiné avec soin, jouit des propriétés suivantes : il est invisible, élastique et a une pesanteur un peu moindre que celle de l'air atmosphérique.

1075. Il est nuisible à la respiration. Les animaux y périssent même plus promptement que dans le gaz nitrogène ou azote. Une portion du gaz oxygène aspiré sans cesse par les animaux, se combine probablement avec le gaz nitreux, pour former l'acide nitrique qui le tue promptement.

Il y a quelque chose de remarquable dans l'effet du gaz nitreux, sur les insectes qu'on y expose. Les grenouilles et les limaçons en supportent l'action pendant un temps considérable, quoiqu'ils y meurent enfin. Priestley a mis une grenouille dans le gaz nitreux, elle s'est débattue pendant deux ou trois minutes, et s'est remuée de temps en temps pendant un quart-d'heure; après ce terme il l'a retirée, mais sans pouvoir la rappeler à la vie. Il n'en est pas ainsi des guêpes et des mouches qui périssent dans le gaz nitreux à l'instant qu'on les y plonge.

1076. Le gaz nitreux n'est pas propre à alimenter la combustion. Un corps enflammé, une bougie allumée s'y éteignent subitement. Cependant si l'on plonge dans une cloche pleine de gaz nitreux, un

morceau de bois sec, long d'environ 270 à 297 millimètres (10 à 12 pouces), et allumé à une de ses extrémités, la flamme s'éteint subitement : mais la partie charbonneuse plongée jusqu'au fond de la cloche, au lieu de s'éteindre, brûle avec plus d'activité.

Il est probable que dans l'instant qu'on soulève la cloche de dessus l'eau, et qu'on la renverse pour y plonger la bougie, le gaz nitreux s'empare promptement de la partie oxygénée de l'air atmosphérique qui est en contact avec lui pour former une vapeur acide qui produit l'extinction de la bougie ou du morceau de bois enflammé. Si, après cet accident, l'extrémité charbonneuse du petit morceau de bois arrive au fond de la cloche, le gaz nitreux est encore assez pur ; de plus, ce fluide aériforme est composé d'oxygène qui tient très-faiblement au gaz nitrogène ou azote qui lui sert de base. La partie charbonneuse du petit morceau de bois qui n'est pas encore éteinte, et qui, dans cet état, a une grande attraction pour l'oxygène, doit donc décomposer le gaz nitreux, s'emparer de l'oxygène et recevoir de ce principe l'aliment de la combustion. Cette explication suppose que le gaz nitrogène et le gaz oxygène sont les élémens du gaz nitreux. Nous ne tarderons pas à convertir cette supposition en une vérité démontrée.

Le gaz nitreux est nuisible à la végétation ; les plantes y meurent bientôt après y avoir été exposées. Ce phénomène est dû probablement à ce que les plantes transpirent du gaz oxygène, qui, se

combinant avec le gaz nitreux, forme une vapeur acide qui corrode les plantes.

1077. C'est encore une propriété remarquable du gaz nitreux de préserver de la putréfaction les substances animales, et de rétablir celles qui sont déjà putréfiées. Le docteur Priestley en a fait la première observation. Il mit une souris morte dans une cloche pleine de gaz nitreux, qu'il plaça près du feu pour rendre plus forte la tendance à la putréfaction; huit jours après il retira la souris, et il s'aperçut, à son grand étonnement, qu'elle n'avoit aucune odeur désagréable. Cette expérience le porta à en tenter une nouvelle; il prit deux souris, l'une nouvellement tuée et l'autre mollasse et pourrie; il les mit toutes deux dans une même cloche pleine de gaz nitreux, à la température ordinaire de l'atmosphère, dans les mois de juillet et août 1772. Vingt-cinq jours après, il retira les souris et les trouva parfaitement exemptes de puanteur, même en les coupant en plusieurs endroits. Celle qui avoit été mise dans l'air immédiatement après avoir été tuée, étoit tout-à-fait ferme; et la chair de l'autre, qui avoit été mollasse et pourrie, étoit toujours molle, mais elle n'avoit plus aucune odeur désagréable.

1078. Le gaz nitreux est immiscible à l'eau dans le premier moment. Cependant si on le tient longtemps sur l'eau commune, il est peu à peu absorbé et diminué. J'ai exposé une certaine quantité de gaz nitreux à l'eau bien purgée d'air par l'ébullition, et j'ai trouvé que dans trois jours il y en a eu environ dix-huit

dix-huit vingtièmes d'absorbés. L'eau qui a absorbé du gaz nitreux, le retient opiniâtrément et prend un goût acide, qui ne provient pas de ce qu'elle est imprégnée de gaz nitreux. Il a probablement pour cause la vapeur acide qui se forme toujours lorsque le gaz nitreux est en contact avec l'air atmosphérique. Nous avons pour garant de cette explication, les observations multipliées de Guillaume Bewley. Ce physicien a prouvé que le gaz nitreux ne donne à l'eau aucun goût acide sensible, s'il n'est en contact, ou s'il n'est mêlé avec une portion d'air atmosphérique. On peut consulter à ce sujet sa lettre au docteur Priestley, insérée dans le tome II des Expériences et Observations de ce dernier sur différentes branches de Physique, Appendix, n° 9.

Le gaz nitreux n'est point acide et ne rougit point les couleurs bleues végétales.

1079. La propriété la plus frappante du gaz nitreux est la manière dont il se comporte dès qu'il est en contact avec l'air atmosphérique.

Deuxième expérience. Faites passer dans une cloche pleine de mercure et renversée sur la tablette de la cuve hydro-pneumatique, environ une partie de gaz nitreux, et deux parties d'air atmosphérique. Les deux fluides se combinent avec promptitude, et se diminuent prodigieusement. Il s'excite une chaleur vive; l'eau monte dans la cloche, absorbe toutes les vapeurs rouges qui résultent de la combinaison des deux fluides aériformes, et ces vapeurs

rouges absorbées par l'eau, lui donnent tous les caractères de l'acide nitreux.

Les phénomènes que présente cette expérience, ont pour cause la grande attraction du gaz nitreux pour la base de la portion respirable de l'air atmosphérique. C'est, sans doute, en vertu de cette attraction que le gaz nitreux s'empare de la partie oxygénée de l'air commun, pour former ces vapeurs rutilantes, qui ne sont autre chose que de l'acide nitreux. Cette assertion se change en une vérité démontrée, si l'on fait attention que ces phénomènes sont toujours plus rapides et plus marqués, lorsque l'air atmosphérique a un plus grand degré de pureté. Il résulte des expériences multipliées de Lavoisier, que quatre parties de gaz oxygène suffisent pour saturer complètement sept parties et un tiers de gaz nitreux, tandis qu'il faut seize parties d'air atmosphérique pour en saturer la même quantité.

1080. Cette propriété qu'a l'air commun de produire différens effets, suivant sa pureté, par son mélange avec le gaz nitreux, a fait naître l'idée que le gaz nitreux pourroit servir de pierre de touche pour connoître la quantité de gaz oxygène que contient un air quelconque. Cette épreuve consiste à employer des quantités connues de ces deux gaz, et à observer celles qui sont nécessaires pour leur saturation complète : moins il faut d'air commun pour saturer le gaz nitreux, plus cet air est pur ; plus au contraire on est obligé d'en employer, moins il a de pureté.

1081. Pour apprécier avec plus de précision le degré de pureté ou d'impureté de l'air qu'on veut examiner, *Fontana*, *Landriani*, *Magellan*, etc. ont imaginé différens eudiomètres; mais on n'a pas tardé à reconnoître que ce moyen est infidèle, 1°. parce qu'il est très-difficile d'obtenir du gaz nitreux formé constamment par les mêmes proportions des fluides aériformes qui entrent dans sa composition, attendu quelles varient non-seulement selon la nature des substances sur lesquelles on décompose l'acide nitrique, mais même selon que la dissolution de telle ou telle substance, par l'acide, se fait avec plus ou moins de rapidité; 2°. l'acide nitrique qui se forme, dissout plus ou moins de gaz nitreux, selon la température, la qualité de l'air qu'on éprouve, la grandeur de l'eudiomètre, etc.; de sorte que la diminution varie en raison de la quantité plus ou moins grande de gaz nitreux, qui est absorbé par l'acide nitrique qui se forme; 3°. il est encore important de remarquer que les expériences qu'on fait avec l'eudiomètre n'ont pas, à beaucoup près, l'avantage qu'on s'en étoit promis pour la santé des hommes; elles n'indiquent jamais que la quantité de gaz oxigène contenu dans celui qu'on examine; mais elles n'apprennent rien sur les qualités nuisibles de ce fluide aériforme, relativement aux autres fonctions de la respiration, telles que son action sur l'estomac, sur la peau, et en particulier sur les nerfs. Ces effets, qui se rencontrent dans presque toutes les altérations de l'air,

ne peuvent être connus que par l'observation des médecins.

1082. Il nous reste à étudier quels sont les élémens qui composent le gaz nitreux. Les recherches que nous allons faire pour parvenir à cette connoissance, jetteront une nouvelle clarté sur la nature de l'acide nitrique.

Troisième expérience. On prend un tube de verre de 4 millimètres (2 lignes) de diamètre, portant à son extrémité supérieure une virole dans laquelle est mastiquée une tige de métal terminée par deux boules, l'une intérieure, l'autre extérieure. Ce tube étant rempli de mercure, on plonge son orifice dans le mercure d'une cuvette, et on l'assujétit dans une position verticale, par le moyen d'un support; alors on y fait passer un mélange de gaz azote et de gaz oxigène, environ dans le rapport de 3 à 7, de manière que l'espace occupé par ces fluides aériformes soit d'environ 81 millimètres (3 pouces). On introduit ensuite dans le tube de la dissolution de potasse de la hauteur approchant de 13 millimètres (6 lignes); on dispose cet appareil à une telle distance du conducteur d'une forte machine électrique, que quand on fait jouer la machine, le fluide électrique s'élance presque continuellement de la boule du conducteur sur la petite boule extérieure du tube; on renouvelle les décharges jusqu'à ce qu'elles ne produisent plus de diminution sensible sur le volume du gaz renfermé.

La diminution est d'abord assez considérable ;

elle s'affoiblit ensuite progressivement. On renouvelle le phénomène, en portant dans le tube un mélange des mêmes gaz dans les mêmes proportions, en suffisante quantité, pour remplacer la portion absorbée. Si l'on trempe ensuite une lame de papier dans la dissolution de potasse, le papier séché et présenté à un charbon pour l'allumer, sans l'enflammer, brûle avec des signes de détonation.

1083. Cette expérience présente deux objets principaux qui doivent fixer notre attention; savoir, 1°. la diminution produite dans le mélange des gaz par l'entremise de l'étincelle électrique; 2°. les signes de détonation que donne le papier trempé dans la dissolution de potasse, lorsqu'après l'avoir séché, on le présente à un charbon pour l'allumer. Je ne vois dans la diminution du mélange des gaz, qu'un effet produit par l'absorption de la base du gaz oxygène, que le gaz nitrogène a la propriété de décomposer à une haute température. Cavendish a justifié cette assertion en prouvant, par des expériences décisives, que le gaz oxygène seul et le gaz azote seul n'éprouvent aucune diminution par les décharges électriques. Van-Marum a de même observé que le gaz azote n'étoit pas diminué. Ce gaz prit au contraire un accroissement de 0,125 de son volume, mais qu'il se trouva avoir perdu le lendemain, phénomène que l'auteur regarde comme l'effet d'une espèce de dilatation par l'électricité. A l'égard du gaz oxygène, ce physicien avoit jugé, lors de ses premiers essais, qu'il n'étoit point altéré; mais l'ayant soumis aux mêmes épreuves dans un tube beaucoup plus petit,

pour que le rayon électrique devint plus puissant en opérant sur une moindre masse, il a trouvé que ce gaz étoit diminué de 0,2 sur le mercure; et même de 0,136 sur l'eau. Cette opposition apparente de témoignages, semble jeter sur la certitude du fait des doutes qu'il ne sera pas difficile de détruire. Pour y réussir, il suffit de considérer d'abord qu'il n'y a plus aucune proportion de cette diminution du gaz oxygène seul avec celle du gaz oxygène mêlé au gaz nitrogène ou azote; et, puisqu'il est généralement accordé que le gaz azote n'en éprouve séparément aucune, il suit que la différence très-marquée de l'effet tient à une autre cause, je veux dire à la combinaison des bases des deux gaz.

En second lieu, la diminution du gaz oxygène seul s'explique tout simplement dans l'expérience de Van-Marum, par la calcination du mercure, qui fut telle, suivant ce physicien, qu'à la fin les parois du tube étoient si couvertes de chaux de ce métal, qu'on ne pouvoit voir au travers. Quant à la diminution opérée sur l'eau, comme elle n'est guère que le cinquième de celle que ce physicien avoit observée dans les mêmes circonstances avec le gaz oxygène mêlé de gaz azote, on pourroit très-bien l'attribuer à la portion de ce gaz, dont il est difficile de priver entièrement le gaz oxygène, et qu'il suffiroit de porter ici à un seizième pour rétablir la correspondance entre la cause et l'effet. Mais indépendamment de ce qui tient à cette impureté ordinaire du gaz oxygène, il y a une autre circonstance qui ne mérite pas moins d'attention,

c'est la calcination que ne peut manquer d'éprouver la surface du conducteur métallique, dans l'intérieur du tube*, par la répétition des décharges électriques; calcination qui doit nécessairement produire une diminution du volume du gaz oxygène renfermé dans le tube.

1084. Il est donc incontestable que la diminution du mélange du gaz nitrogène et du gaz oxygène, par l'étincelle électrique, a pour cause la combinaison réciproque des bases de ces deux gaz. Il n'est pas moins certain que l'acide nitrique est le résultat de cette combinaison. Nous avons pour garant de cette vérité, ces signes de détonation que donne le papier trempé dans la dissolution alcaline, lorsqu'on le présente à un charbon pour l'allumer; ils attestent la présence du nitrate de potasse : et comment concevoir que ce sel puisse être formé, si ce n'est par la combinaison de la potasse avec l'acide nitrique ?

1085. La production de l'acide nitrique par la combinaison du gaz oxygène avec le gaz nitrogène est donc parfaitement établie; or, l'acide nitrique n'est autre chose que du gaz nitreux saturé d'oxygène; car, si l'on porte dans l'acide nitrique du phosphore, du soufre, du carbone, un métal, du sucre, etc., ces substances lui enlèvent une portion d'oxygène, et il se dégage du gaz nitreux, avec lequel il est aisé de reproduire l'acide, en lui rendant du gaz oxygène, ou même individuellement l'oxygène qu'il avoit cédé, après qu'on l'a séparé de sa nouvelle combinaison; d'où il résulte que

le gaz nitreux n'est qu'une combinaison de gaz nitrogène, avec moins de gaz oxygène qu'il n'en faut pour constituer l'acide nitrique.

Les proportions indiquées ci-dessus, de gaz oxygène et de gaz nitrogène, sont généralement reconnues comme étant les plus favorables à la combinaison qui produit l'acide nitrique. Cependant on l'opère aussi en introduisant tout simplement de l'air atmosphérique dans le tube de verre, et y faisant passer de la même manière l'étincelle électrique. Si à la place de la dissolution de potasse on met dans le tube quelques gouttes d'infusion de tourmesol, elle devient rouge, et le volume de l'air est également diminué.

1086. 1°. Cette belle expérience, que nous devons à Cavendish, et la théorie qu'elle a fait naître, jettent un grand jour sur la formation des nitrières artificielles. Le nitrate de potasse, ou salpêtre, résulte de la combinaison de l'acide nitrique avec la potasse. Il faut donc, pour produire du nitrate de potasse artificiel, faire concourir à cette production les substances propres à fournir la potasse et les éléments de l'acide nitrique. Le gaz nitrogène se dégage, par la putréfaction, des substances animales; l'air atmosphérique fournit le gaz oxygène, et la potasse est toujours le fruit de la décomposition végétale; d'où il suit qu'on peut former des nitrières artificielles, en faisant concourir la putréfaction animale avec la fermentation végétale, pourvu que les substances qui sont dans cet état, aient le contact de l'air atmosphérique.

1087. 2°. Cette expérience nous fait concevoir clairement la production de l'acide nitrique dans l'atmosphère; elle nous éclaire sur la formation des aurores boréales, dont nous tâcherons de donner dans le dernier Livre de cet Ouvrage une explication satisfaisante.

1088. D'après ce que nous avons dit, il est aisé d'apprécier la différence qui existe entre l'acide nitrique pur et l'acide nitreux. Ce dernier a lieu toutes les fois que la proportion de ces deux principes n'est pas celle qui constitue l'acide nitrique, c'est-à-dire, lorsqu'il n'y a pas une combinaison de trois parties de gaz nitrogène, et de sept parties de gaz oxigène; mais comme une foule de circonstances peuvent changer le rapport de l'oxigène avec le nitrogène, il est aisé de concevoir, 1°. que cet acide est très-altérable, et doit souvent être plus ou moins coloré et fumant; 2°. qu'en raison de la quantité d'oxigène qui lui aura été enlevée, il pourra être dans beaucoup d'états différens, depuis celui qui est le plus pur et qui contient le plus de ce principe, jusqu'au gaz nitreux, qui n'en contient plus assez pour être véritablement acide; 3°. que si l'on prive le gaz nitreux de la portion d'oxigène qu'il contient encore, on le réduira à l'état de gaz nitrogène; 4°. que l'adhérence entre l'oxigène et le nitrogène étant très-peu considérable, et la plupart des corps combustibles ayant plus d'attraction pour le premier que n'en a le nitrogène, l'acide nitrique, l'acide nitreux et le gaz nitreux

doivent être décomposés avec beaucoup de facilité par un grand nombre de corps.

1089. Outre le gaz nitreux qui est un véritable oxide de nitrogène ou d'azote, puisqu'il se compose de nitrogène et d'oxigène en quantité insuffisante pour lui donner l'acidité, il existe un fluide aéri-forme, qui est aussi un oxide de nitrogène, et qui diffère du gaz nitreux par diverses propriétés, ainsi que par la proportion des principes qui entrent dans sa composition. Les Hollandais l'appellent *gaz oxide d'azote*, et les Anglais, *oxide nitreux*, ou *oxide gazeux de nitrogène*.

Pour obtenir ce gaz, on met une certaine quantité de nitrate d'ammoniaque dans une petite cornue au bain de sable. Le sel se fond et bout quelque temps sans donner du gaz. Bientôt la cornue se remplit d'une vapeur blanche qui ne tarde pas à disparaître; dès lors le gaz se dégage en abondance, et l'on peut en remplir plusieurs vessies. Le dégagement diminue par degrés; et lorsqu'il a cessé, il ne reste presque plus rien dans la cornue.

Ce gaz a une saveur sucrée, dont on conserve assez long-temps l'impression.

Il est méphitique. On a vu des personnes perdre connoissance dès la troisième inspiration; d'autres ont éprouvé des étourdissemens d'assez longue durée, qui ont fini par des éclats de rire.

M. Dispan a mis un verdet dans un bocal assez large, plein de ce fluide élastique. L'oiseau n'a paru rien souffrir dans le premier instant; bientôt après

on l'a vu fermer les yeux et se laisser aller tout doucement sur le côté, comme s'il étoit endormi. Rendu à l'air libre, il s'est remis sur pied sans chercher à s'envoler. Soumis une heure après à une plus longue épreuve, on l'a retiré sans mouvement, et on n'a trouvé aucun moyen de le rendre à la vie.

CHAPITRE VI.

Du gaz acide muriatique.

1090. LE gaz acide muriatique est ce fluide aériforme qui se dégage, lorsqu'on verse sur du muriate de soude de l'acide sulfurique concentré. On présente alors à la soude une substance qui a pour elle plus d'attraction qu'elle n'en a pour l'acide muriatique. La soude doit donc abandonner l'acide muriatique pour se combiner avec l'acide sulfurique, et former du sulfate de soude. L'acide muriatique devient libre, et comme il est très-volatil, il se dégage sous forme de gaz.

1091. Cet acide aériforme ne peut être recueilli sur l'eau qui le dissout avec activité et promptitude.

Pour s'en convaincre, il suffit de faire passer dans la cloche pleine de mercure qui a servi à recueillir le gaz acide muriatique, un peu d'eau qui, par sa légèreté respective, se portera à la surface du mercure. L'eau absorbe subitement le gaz acide; le mercure remonte jusques vers le haut de la cloche, et la liqueur qui se trouve au-dessus du mercure

est de l'acide muriatique liquide, puisqu'en le dissolvant l'eau lui donne et sa forme et sa densité.

1092. Il est visible que l'acide muriatique à l'état de gaz a beaucoup plus de force et d'énergie que lorsqu'il est dissous par l'eau, puisque dans ce dernier cas la tendance à la combinaison de l'acide est en partie satisfaite, et que les attractions diminuent à mesure qu'elles avancent vers leur terme de saturation.

1093. L'acide muriatique gazeux et l'acide muriatique liquide doivent sans doute produire à peu près les mêmes phénomènes, et donner les mêmes signes d'acidité, quoique dans un degré différent d'énergie : ils partagent la propriété de rougir les couleurs bleues végétales, et de former des fumées ou vapeurs blanches par leur mélange avec l'air atmosphérique. Ces vapeurs ont pour cause la combinaison du gaz acide muriatique avec l'humidité de l'air ; aussi ne sont-elles pas sensibles sur les hautes montagnes où l'air est très-sec.

1094. Le gaz acide muriatique est plus léger que l'air atmosphérique, dans la proportion de $17\frac{3}{4}$ à 100.

1095. Le gaz acide muriatique a une odeur très-pénétrante ; la chaleur le raréfie, et augmente prodigieusement son élasticité ; mais le fluide lumineux qu'il réfracte assez fortement ne l'altère pas sensiblement.

1096. Cet acide aériforme n'est pas décomposé quand on le fait passer par le charbon rouge, il tue très-promptement les animaux qu'on y plonge. Il est si caustique qu'il enflamme la peau, et y cause

souvent de vives démangeaisons. Il dissout le camphre; s'empare avec avidité de l'eau surabondante du sulfate d'alumine qu'il réduit en poudre; éteint la flamme des bougies en l'agrandissant d'abord, et en donnant à son disque une couleur verte et bleuâtre; fait fondre la glace aussi promptement que si on la jetoit dans un brasier. Enfin il se combine avec tous les alcalis, et forme avec eux des sels différens, suivant la base alcaline qui lui est unie.

1097. On n'est pas encore bien d'accord sur la nature du gaz acide muriatique. Suivant MM. Thénard et Gay-Lussac, le gaz acide muriatique contient le quart de son poids d'eau; et cette eau renferme assez d'hydrogène pour oxider le métal que l'acide peut dissoudre. M. Davy pensoit, il n'y a pas longtemps, que l'eau est essentielle à l'existence de cet acide aériforme, et qu'il en contient le tiers de son poids. Dans le chapitre qui suit je ferai connoître les motifs qui l'ont fait changer d'opinion.

CHAPITRE VII.

Du gaz muriatique oxigéné ou oxi-muriatique.

ON peut employer différens moyens pour obtenir le gaz muriatique oxigéné.

1098. 1°. On met dans une cornue 60 gram. (2 onc.) d'oxide noir de manganèse en poudre; on verse dessus environ 120 gram. (4 onc.) d'acide muriatique liquide. On fait chauffer la cornue sur un réchaud, après avoir adapté à son orifice un tube recourbé,

qui plonge dans la cuve pneumato-chimique, sous une cloche pleine d'eau.

Il s'excite dans la cornue une vive fermentation, et il se dégage un fluide élastique qui va remplir la cloche destinée à le recevoir : ce fluide est le gaz muriatique oxigéné auquel Scheele avoit donné le nom d'acide marin déphlogistiqué, et qui avoit reçu ensuite celui d'acide muriatique oxigéné.

2°. On mêle ensemble 1750 parties de muriate de soude, 450 d'oxide de manganèse, 800 parties d'eau et 800 parties d'acide sulfurique. En appliquant une chaleur douce à ce mélange renfermé dans une cornue tubulée, le gaz muriatique oxigéné se dégage comme dans le premier procédé.

Il importe d'observer que le gaz muriatique oxigéné est promptement absorbé par l'eau froide. L'eau de la cuve où on le reçoit doit être chauffée à environ 90° centigrades. Par cette précaution, le gaz peut rester en contact avec l'eau, jusqu'à ce que l'on s'en serve. On ne peut point employer l'appareil au mercure, parce que le gaz exerce une action puissante sur ce fluide métallique.

1099. Le gaz muriatique oxigéné a une couleur jaune foncée, une odeur fétide et piquante; il diminue et rougit la flamme des bougies sans l'éteindre. Il est plus léger que l'air commun dans la proportion de 2470 à 1000.

1100. Amené à une température de 4 degrés, il prend l'état liquide; et c'est sans doute cette propriété qui l'a fait classer par quelques savans, parmi les vapeurs et non parmi les gaz.

1101. Si l'on donne à une bouteille pleine de ce gaz une enveloppe de neige ou de glace, il forme à la surface une concrétion solide de couleur jaunâtre, et qui ressemble, par ses ramifications, à la glace qui se dépose sur la surface des carreaux pendant la gelée. Une chaleur douce de neuf ou dix degrés centigrades suffit pour transformer cette croûte en un liquide huileux jaunâtre, qui se convertit en gaz du moment que la température s'élève.

1102. Le gaz muriatique oxigéné est absorbé par l'eau lentement, s'il repose sur sa surface. L'absorption devient rapide lorsque le gaz est agité. L'appareil de Woulf, dont les bouteilles sont entourées d'un mélange refroidissant, offre un moyen facile de saturer de ce gaz une certaine quantité d'eau. On ne connoît pas d'une manière précise le volume du gaz que l'eau est susceptible d'absorber. Suivant M. Berthollet, 1000 grammes d'eau à la température de 6 degrés centigrades prennent 1073 grammes de gaz et acquièrent une pesanteur spécifique de 1003.

1103. MM. Dalton et Gay-Lussac ont observé presque en même temps un phénomène singulier que fait naître le mélange du gaz muriatique oxigéné et du gaz hydrogène. Lorsque ces deux fluides sont mêlés à un volume égal, il y a inflammation à la température de 125 degrés. Le mélange n'est pas décomposé dans l'obscurité, mais il détone à la lumière du soleil, ce qui prouve la grande influence de la lumière sur les combinaisons chimiques.

Le même phénomène se présente si l'on mêle, à

volume égal, du gaz hydrogène, du gaz oléfiant, et du gaz muriatique oxygéné.

1104. La plupart des métaux brûlent spontanément dans le gaz muriatique oxygéné. Ceux qui sont très-malléables, comme l'or et l'argent, peuvent être projetés dans ce gaz, sous forme de feuilles très-minces ; les autres doivent être réduits à l'état de limaille très-fine. Les métaux qui s'oxydent facilement brûlent avec plus d'activité et répandent une lumière plus éclatante. La proportion la plus favorable à cette combustion est d'environ 40 grammes de chaque métal pour 655 centimètres cubes de gaz.

1105. Le phosphore prend feu dans le gaz muriatique oxygéné, et brûle avec activité ; le soufre ne s'y enflamme point : mais si l'on fixe un morceau de soufre à l'extrémité d'un tube de verre et qu'on le plonge dans ce gaz, il s'oxide et coule sous forme liquide.

1106. Le gaz muriatique oxygéné détruit promptement toutes les couleurs bleues végétales : on peut s'en convaincre par l'expérience suivante :

Expérience. Remplissez de gaz muriatique oxygéné une cloche de verre disposée pour le recevoir sur la tablette de la cuve pneumatique ; faites passer ensuite dans cette cloche un bouquet de fleurs de violettes, ces fleurs perdent leur couleur ; et l'effet est si prompt qu'il semble qu'on ait escamoté le bouquet de fleurs bleues et qu'on en ait substitué un de fleurs blanches.

1107. La propriété qu'a le gaz muriatique oxygéné de

de détruire les couleurs, a fixé l'attention des physiciens, qui sont parvenus à en faire d'utiles applications.

1°. On l'emploie à blanchir les toiles et les cotons. A cet effet on passe le coton dans une lessive faiblement alcaline : on fait bouillir, puis on tord l'étoffe, et on la fait tremper dans de l'eau saturée de gaz muriatique oxigéné : il faut avoir l'attention de remuer l'étoffe et de la tordre : on la lave ensuite à grande eau, pour enlever l'odeur dont elle est imprégnée.

2°. Il sert à blanchir le papier et les vieilles estampes; l'encre ordinaire disparoit par l'action de ce fluide gazeux, mais l'encre d'imprimeur n'en peut souffrir aucune atteinte.

1108. Le gaz muriatique oxigéné se décompose peu à peu par le contact de la lumière qui lui enlève une partie de son oxigène. Il se décompose un peu au-dessous du rouge par l'eau.

Suivant MM. Thénard et Gay-Lussac, le gaz muriatique oxigéné pèse 2,47 plus que l'acide; il contient moitié de son volume de gaz oxigéné, et l'acide muriatique qu'il renferme retient toute l'eau qu'il peut former.

1109. Il n'y a pas long-temps qu'on considéroit généralement l'acide muriatique comme un composé d'une certaine base avec l'eau; et le gaz muriatique oxigéné ou oxi-muriatique, comme un composé de cette même base avec l'oxigène. M. Davy partageoit cette opinion, que de nouvelles expériences lui ont fait abandonner pour lui substituer

la suivante. Il regarde maintenant le gaz muriatique oxygéné ou oxi-muriatique, comme un corps simple, ou du moins comme une base indécomposée, et l'acide muriatique comme un composé de cette base avec l'hydrogène. Voici les principaux motifs sur lesquels il fonde cette nouvelle doctrine.

1°. On ne peut se procurer l'acide muriatique du gaz oxi-muriatique sans la présence de l'hydrogène ou de quelque corps qui le fournisse: de là vient que le charbon chauffé au blanc dans le gaz oxi-muriatique, n'y produit aucun changement.

2°. Quand le gaz oxi-muriatique se combine avec les métaux ou d'autres substances oxidables, on ne peut prouver par l'examen du résultat, qu'il a fourni de l'oxygène au corps combustible. En examinant avec une attention scrupuleuse le composé qui résulte de l'action du gaz oxi-muriatique sur l'étain, M. Davy s'est convaincu que tout le gaz est absorbé par le métal, tandis que d'après la théorie généralement adoptée, l'oxidation d'un métal précédant toujours la solution, il devait s'attendre à trouver un oxide d'étain dans le nouveau composé.

3°. Le potassium brûle spontanément dans le gaz oxi-muriatique, sans que l'on puisse démontrer une formation d'eau; mais quand il est en grande quantité, il ne peut s'enflammer sans l'aide de la chaleur; et en fondant le potassium, les vases se brisent par la violence de la combustion.

4°. Le gaz oxi-muriatique remplit les mêmes fonctions que l'oxygène par ses rapports électriques. Dans toutes les analyses de ses composés par l'électricité

galvanique, il se dégage au pôle positif; et l'hydrogène, au pôle négatif. M. Davy paroît porté à le regarder non comme un acide, mais plutôt comme une sorte de principe acidifiant; et il propose de le nommer *chlorine*, ou gaz *chlorique*, du mot grec *χλωρος*, qui désigneroit sa couleur.

C'est au temps et à l'expérience qu'il faut s'en rapporter pour confirmer ou pour détruire cette ingénieuse hypothèse, qui ne peut se réaliser sans porter quelque atteinte à la théorie de Lavoisier.

CHAPITRE VIII.

Du gaz muriatique sur-oxigéné.

1110. EN chauffant légèrement un mélange de sur-oxi-muriate de potasse et d'acide muriatique très-étendu, M. Davy a obtenu un nouveau gaz formé par la combinaison du gaz oxi-muriatique avec l'oxigène, et qui se distingue par les propriétés suivantes.

1°. Sa couleur est vert-jaunâtre foncé et brillant.

2°. Il détone souvent lorsqu'on le fait passer d'une cloche dans une autre; et alors il y a production de lumière et augmentation de volume.

3°. La chaleur de la main suffit presque toujours pour faire détoner ce fluide gazeux; et dans cette détonation il abandonne environ $\frac{1}{3}$ de son volume d'oxigène, il perd sa couleur, et passe à l'état de gaz oxi-muriatique.

4°. M. Davy a trouvé par le produit de la détonation de ce gaz, qu'il contient deux parties en volume de gaz oxi-muriatique, et une d'oxygène.

5°. Si l'on fait détoner ce gaz avec de l'hydrogène, il se forme de l'acide muriatique avec une absorption de plus de $\frac{1}{3}$; mais si le gaz est en excès, l'oxygène ne se combine pas avec l'hydrogène; le gaz oxi-muriatique l'emporte.

6°. Le phosphore introduit dans ce gaz, produit une explosion éclatante, et il se forme de l'acide phosphorique.

7°. Le charbon ardent produit dans ce gaz un éclair brillant de lumière; il brûle ensuite en répandant une lumière rouge pâle.

8°. Lorsqu'on mêle ce fluide aériforme au gaz nitreux; il se forme subitement des vapeurs rouges très-épaisses, et le volume diminue.

CHAPITRE IX.

Du gaz acide fluorique.

IIII. L'ACIDE fluorique est ce fluide aériforme qui se dégage du fluide de chaux par l'acide sulfurique. On peut se le procurer dans l'état gazeux, de la manière suivante.

Première expérience. On met dans une cornue de plomb (1) un mélange d'acide sulfurique et de

(1) On se sert d'une cornue de plomb pour extraire le gaz acide fluorique, parce que cette substance métallique est une de celles qui sont le moins attaquées par cet acide aériforme.

fluat de chaux pulvérisé ; on adapte à l'orifice de la cornue un tube recourbé, dont l'extrémité plonge dans la cuve de l'appareil hydrargiro-pneumatique ; on expose ensuite la cornue à l'action d'un feu modéré. Le mélange ne tarde pas à s'échauffer ; il se produit une vive fermentation, et il se dégage un fluide aériforme, qui est le gaz acide fluorique.

Le fluat de chaux ou spath-fluor est composé de chaux et d'acide fluorique. De plus, l'acide sulfurique a plus d'attraction pour la chaux, que la chaux n'en a pour l'acide fluorique. L'acide sulfurique doit donc se combiner avec la chaux pour former du sulfate de chaux, tandis que l'acide fluorique dégagé de sa première combinaison, en contracte une nouvelle avec le calorique, qui lui donne la fluidité aériforme.

1112. Nous avons dit qu'il falloit pour cette expérience, se servir de l'appareil au mercure. Cette précaution est nécessaire pour recueillir le gaz acide fluorique, parce que l'eau a la propriété de le dissoudre avec beaucoup de promptitude.

Deuxième expérience. Dans une cloche de gaz acide fluorique et reposant sur le mercure, faites passer un peu d'eau au-dessus de la surface de ce fluide métallique ; il y a de la chaleur produite, et le mercure remonte dans la cloche.

1113. Ces effets annoncent évidemment que l'eau a la propriété d'absorber le gaz acide fluorique. Cette absorption est toujours accompagnée d'un phénomène singulier, qui mérite d'être connu. Il consiste dans la précipitation d'une terre blanchâtre et très-

fine. Mais quelle est la nature et l'origine de cette matière terreuse? Il étoit réservé à Meyer de résoudre ce problème important. Voici les expériences décisives qui l'ont conduit à cette solution.

Ce célèbre chimiste a pris trois vaisseaux cylindriques d'étain, d'égale capacité; il a mis dans chacun un mélange de 90 grammes (3 onces) d'acide sulfurique et de 30 grammes (1 once) de fluat de chaux, qu'il avoit eu l'attention de pulvériser dans un mortier de métal; il a ajouté, dans le premier de ces mélanges, une once de verre pulvérisé; dans le second, une once de quartz en poudre; il n'a rien ajouté dans le troisième.

Il a suspendu une éponge imbibée d'eau au-dessus de chacun de ces mélanges, et ayant fermé ces vaisseaux de leurs couvercles, il les a exposés à une chaleur tempérée.

Une demi-heure après, l'éponge du cylindre qui contenoit le premier mélange se trouva couverte d'une croûte quartzeuse, le mélange étoit lui-même considérablement gonflé; il n'y avoit aucun changement dans les autres vaisseaux.

Donze heures après, l'éponge suspendue au-dessus du second mélange étoit aussi chargée d'une poussière blanche; celle du troisième ne montra pas la plus légère trace du quartz, même au bout de plusieurs jours.

1114. Il résulte de cette expérience, que la substance terreuse qui se précipite par le contact du gaz acide fluorique et de l'eau, n'est autre chose qu'une portion du verre qui est attaquée, et véri-

tablement dissoute par l'acide aériforme. Il n'est donc pas surprenant que ce gaz corrode et perce le verre, et que Priestley ait été obligé, pour obvier à cet inconvénient, d'employer pour ses expériences des bouteilles de verre très-épais.

1115. Cette propriété de corroder le verre, dont jouit le gaz acide fluorique, a fait imaginer de graver sur du verre par le moyen de cet acide, comme on grave sur le cuivre par le moyen de l'acide nitrique.

1116. Le gaz acide fluorique dissous dans l'eau forme l'acide fluorique liquide, dont l'odeur et la causticité sont très-fortes lorsque l'eau en est saturée.

1117. Ce fluide aériforme exhale une odeur pénétrante, qui est plus vive que celle du gaz acide muriatique.

1118. Le gaz acide fluorique éteint promptement les bougies allumées, et tue les animaux qu'on y plonge.

1119. Sa causticité est si grande, qu'il ronge la peau pour peu qu'elle soit exposée quelque temps à son contact.

1120. L'air atmosphérique trouble sa transparence, et le change en une vapeur blanche, en raison de l'eau qu'il contient.

1121. L'acide fluorique qui n'avoit pu être décomposé par le charbon, a cédé à l'action puissante du potassium. Il résulte des expériences faites avec le secours de cette substance métallique, que l'acide fluorique est composé d'une base combustible et d'oxygène.

LIVRE IX.

*Des phénomènes de la combustion, de la
* respiration, de la chaleur animale, de la
végétation et de la fermentation.*

CHAPITRE PREMIER.

De la Combustion.

1122. IL est impossible de concevoir clairement ce que c'est que la combustion, avant d'avoir étudié les phénomènes qu'elle présente, et déterminé la cause qui les produit. Ce n'est donc qu'après nous être occupés de ces objets que nous pouvons espérer de définir la combustion d'une manière intelligible. Pour procéder avec ordre, nous rassemblerons quelques principes qui sont des résultats incontestables des faits et des expériences, et qui existent épars dans les chapitres précédens.

Premier principe.

1123. Dans toute combustion il y a absorption de la base du gaz oxygène.

Pour peu qu'on réfléchisse sur les propriétés du gaz oxygène que nous avons déjà développées, on se convaincra aisément de la vérité de ce principe. Nous avons démontré que si l'on brûle du soufre,

du phosphore, du charbon, etc., dans du gaz oxygène pur, la base de ce fluide est totalement absorbée, et que lorsque la combustion a lieu dans l'air atmosphérique, la base du seul gaz oxygène est absorbée, tandis que le gaz nitrogène qui forme les trois quarts de l'air commun, ne souffre aucune altération.

Il est vrai que certaines combustions s'opèrent sans le concours apparent du gaz oxygène; telles sont :

1°. L'oxidation des métaux par les acides; la réduction des oxides métalliques par le charbon; la combustion du soufre, du phosphore, du charbon, etc. par l'acide nitrique. Sans doute dans tous ces cas il n'y a point de gaz oxygène; mais l'oxygène concret existe dans un des corps dont on fait le mélange, et c'est au passage de l'oxygène plus ou moins solide du corps qui le contient, dans celui qui en est privé, qu'est due la combustion. Qu'arrive-t-il, par exemple, lorsqu'on mêle dans un vaisseau fermé un métal avec un acide? L'oxygène solide qui forme une partie constituante de l'acide a plus d'attraction pour le métal que pour la base de l'acide: le métal doit donc s'emparer de l'oxygène, et c'est en vertu de cette absorption que le métal brûle et s'oxide.

2°. Nous ne pouvons passer sous silence quelques expériences faites par les chimistes d'Amsterdam, et répétées par Van-Mons. Elles tendent à prouver qu'un mélange de cuivre et de soufre s'enflamme au moment même de la formation du sulfure par le

moyen du feu, et brûle avec la même activité dans le gaz nitrogène, dans le gaz hydrogène, dans le gaz acide carbonique, etc..., sans qu'on puisse y soupçonner la présence de l'oxygène, soit concret, soit aériforme.

Ces expériences ont été répétées avec soin par un grand nombre de chimistes, et le résultat de leur travail nous rassure complètement sur la solidité des principes qui fondent la théorie de la combustion. 1°. Le soufre contient de l'eau dont la décomposition a pu fournir l'oxygène nécessaire à la combustion; 2°. le soufre peut être regardé comme un oxide; 3°. les sulfures contiennent moins de calorique que les élémens isolés qui entrent dans leur composition. La production d'un sulfure est donc marquée par un dégagement de calorique.

Deuxième principe.

1124. Le résidu de la combustion est toujours plus pesant que n'étoit le corps avant d'être brûlé.

Des expériences décisives attestent la vérité de ce principe. Cinquante kilogrammes (environ 100 livres) de plomb donnent, par la combustion, 55 kilogrammes (environ 110 livres) d'oxide. Le soufre donne plus d'acide sulfurique en poids après sa combustion, qu'il ne pesoit lui-même. Et qu'on ne dise pas qu'il existe des substances, telles que les huiles, l'éther, etc., auxquelles la combustion enlève une grande partie de leur poids. Il est certain que les corps combustibles, dont la matière inflammable est volatile, perdent beaucoup de leur poids par la com-

bustion. Mais cette perte n'existe véritablement qu'en apparence. Il est aisé de s'en convaincre, si l'on fait attention que ce qui reste fixe après la combustion, n'est pas le seul résidu du corps combustible, et que tous ceux de ces derniers qui jouissent d'une grande volatilité, se changent, par la combustion, en fluides aériformes qui se dissipent promptement.

L'éther et l'alcool nous offrent des exemples de cette vérité. Ces liquides brûlent presque toujours sans laisser dans les vaisseaux qui les renfermoient, aucune trace de leur existence. N'en concluons pas que ces fluides sont anéantis; ils éprouvent seulement une espèce de métamorphose, et la matière volatile qui en est le fruit, se répand subitement dans l'atmosphère. Cela est tellement vrai, que si par des moyens quelconques on rassemble ce produit, on trouve qu'il a plus de pesanteur que le corps combustible n'en avoit. C'est en brûlant dans des vaisseaux clos une quantité connue d'alcool, que nous avons obtenu pour produit de cette combustion une quantité d'eau dont le poids surpassoit celui de l'alcool consumé. Il en est de même de la cendre qui reste après la combustion du bois; elle n'est pas le véritable résidu de la combustion des végétaux; ce résidu s'est dissipé dans l'air : une partie qui n'a point été entièrement brûlée, constitue la suie; une autre s'est envolée dans l'atmosphère, s'y est condensée en eau, ou y a déposé des fluides aériformes de différente nature. On doit donc regarder comme un principe incontestable que l'aug-

mentation en poids a lieu dans tous les corps combustibles qui brûlent.

Troisième principe.

1125. L'augmentation de poids qu'acquiert le corps brûlé est égale au poids du gaz oxygène absorbé.

Lorsque le résidu de la combustion est fixe, il est aisé de s'en convaincre. Lavoisier a démontré par des expériences très-exactes, que si l'on opère la calcination ou l'oxidation des métaux, soit sous des cloches de verre, soit dans des vaisseaux fermés, dans des quantités connues d'air, la partie oxygénée de l'air atmosphérique est absorbée pendant la calcination, et que le métal oxidé acquiert autant de poids que l'air atmosphérique en perd par l'oxidation du métal.

Il y a de même absorption totale du gaz oxygène, ou plutôt de l'oxygène qui forme sa base, dans la combustion du phosphore; et le poids de l'acide phosphorique qu'on obtient se trouve rigoureusement égal au poids du phosphore, plus à celui du gaz oxygène employé dans la combustion.

Si les résultats de la combustion sont volatils, il est sans doute plus difficile d'en connoître le poids, et de constater si son augmentation est en raison de la quantité d'air absorbée. Néanmoins lorsque la combustion se fait sous des cloches et qu'on recueille tous les produits, on trouve toujours que l'augmentation du poids est dans un rapport exact et rigoureux avec le gaz oxygène absorbé.

Quatrième principe.

1126. Dans toute combustion il y a dégagement de calorique et de lumière.

Ce principe a besoin de quelque explication. Lorsque la combustion se fait par le contact de l'air, le corps qui brûle a plus d'attraction pour la base du gaz oxygène que cette base n'en a pour le calorique. En vertu de cette attraction, cette base se fixe et se combine avec le corps ignescent. Elle abandonne donc le calorique, et le calorique devenu libre, produit de la chaleur, et cherche à se combiner avec les substances qu'il rencontre sur son passage.

Si la combustion s'opère sans le concours de l'air, l'oxygène qui produit ce phénomène n'est point fondu en fluide aériforme par le calorique et la lumière; il n'y a presque pas de dégagement de ces fluides : aussi ces sortes de combustions se font communément sans flamme, et la chaleur produite n'est jamais considérable.

1127. D'après ces principes, il est aisé de se former une idée claire de ce qu'on doit entendre par combustibilité ou inflammabilité. Les corps combustibles sont ceux qui ont la propriété de décomposer le gaz oxygène, et d'enlever sa base au calorique et à la lumière qui lui étoient unis. La combustibilité des corps augmente en raison de l'attraction qu'ils ont pour cette base, et la combustion consiste dans l'union de l'oxygène avec le corps combustible. A mesure que cette union s'opère, la lumière et le calorique se séparent, et paroissent sous forme de

chaleur et de lumière sensible. Il existe des corps combustibles qui, dégageant lentement le calorique et la lumière, ne donnent que de la chaleur en brûlant; d'autres, au contraire, dégageant rapidement ces fluides, les font paroître sous forme de lumière éclatante et de chaleur ardente. Dans certaines combustions opérées à l'air, les corps combustibles attirent l'oxigène avec la plus grande facilité. D'autres exigent pour se combiner avec l'oxigène, une température quelquefois très-élevée qui paroît favoriser l'attraction du corps combustible pour cette base. Cette théorie jette un grand jour sur tous les phénomènes qui accompagnent la combustion. Elle fait voir pourquoi un corps cesse d'être combustible dès que son attraction pour l'oxigène est complètement satisfaite; pourquoi il redevient combustible dès que l'oxigène lui a été enlevé par un autre corps qui a plus d'attraction pour ce principe. Elle explique de la manière la plus satisfaisante l'augmentation du poids du corps brûlé, son changement d'état, le méphitisme de l'air atmosphérique après la combustion, la flamme, la chaleur, la raréfaction qui ont lieu dans toute combustion qui se fait par le concours de l'air. Il nous reste à jeter un coup d'œil rapide sur la doctrine du phlogistique qui, malgré les vives secousses que la chimie moderne vient de lui faire essuyer, compte encore quelques chimistes au nombre de ses partisans.

1128. Parmi les anciens chimistes qui se sont occupés de la combustion, Sthaal est celui qui paroît y avoir le plus réfléchi. Le résultat de ses profondes

recherches l'a conduit à attribuer ce phénomène au feu fixé dans les corps qui jouissent de la combustibilité. Il a prétendu que leur combustion n'est autre chose que le dégagement du feu et son passage à l'état de liberté. Tous les corps inflammables contiennent donc, suivant Sthaal, le feu fixé ou combiné, qu'il appelle *phlogistique*, et qui est, selon lui, l'unique principe de leur inflammabilité. Il regarde ce principe comme parfaitement identique dans toutes les substances qui le renferment, quelle que soit leur nature. Il suffit qu'elles soient combustibles, pour qu'il y reconnoisse la présence d'une grande quantité de feu fixé ou de phlogistique. Ainsi, suivant Sthaal, le soufre, le charbon, les métaux, les huiles, le phosphore doivent leurs propriétés à la présence du feu fixé, et s'ils présentent des différences relativement à la forme, la pesanteur, la couleur, etc., ces différences ont pour cause les principes divers auxquels le phlogistique est combiné.

Un long détail sur cette théorie et sur les difficultés qu'on lui oppose, nous feroit franchir les bornes que notre plan nous prescrit. Nous nous contenterons d'observer que Sthaal n'a jamais défini d'une manière exacte et rigoureuse ce qu'il appelle phlogistique; qu'il n'a fait aucune attention à la nécessité du gaz oxygène dans la combustion, et qu'il paroît avoir ignoré que ce fluide aériforme y a la plus grande influence. Aussi n'a-t-il pas prévu une objection qui est l'écueil inévitable de la théorie qu'il propose.

1129. Si la combustion consiste dans le dégage-

ment du phlogistique, il est évident que c'est une décomposition dans laquelle le corps combustible perd un de ses principes : or, comment peut-il arriver qu'une substance dont un des principes se dissipe, ait un poids plus considérable après cette perte, qu'elle n'en avoit auparavant. Les physiciens modernes ont senti toute la force de cette objection et l'impossibilité où ils se trouvent d'y répondre en admettant la théorie de Sthaal, telle que son auteur nous l'a transmise. Aussi les partisans de cette doctrine ont-ils tâché de la rectifier, en substituant au phlogistique de Sthaal la base du gaz hydrogène qui se trouve, selon eux, dans toutes les substances combustibles. Ils prétendent qu'à mesure que la combustion s'opère, l'hydrogène se dégage, se combine avec le gaz oxigène, et que l'air fixe qui, selon eux, est le résultat de cette combinaison, se précipite dans le corps ignescent et augmente son poids.

1130. Pour détruire cette explication, il suffit d'observer que quand même il seroit démontré que l'hydrogène est un principe commun à toutes les substances combustibles, il ne resteroit pas moins prouvé que c'est l'air qui est le véritable combustible, que c'est lui qui fournit en grande partie le calorique et la lumière pendant l'acte de la combustion ; et la doctrine du phlogistique n'en seroit pas moins obligée d'emprunter les secours de la nouvelle théorie pour expliquer les phénomènes de la calcination et de la combustion.

CHAPITRE II.

CHAPITRE II.

De la respiration.

1131. LA respiration est un acte par lequel nous aspirons et nous expirons ensuite une portion de la masse d'air dans laquelle nous vivons.

Les anciens philosophes ont connu ce phénomène et ont tenté de l'expliquer. Mais tous leurs efforts se sont bornés à des hypothèses plus ou moins brillantes, que l'imagination a enfantées, et que la raison a condamnées à l'oubli.

Les découvertes modernes peuvent seules, dans l'état actuel de nos connoissances, nous éclairer sur cette fonction importante du corps humain. Quelques principes vont servir de base à notre explication.

Premier principe.

1132. Les animaux ne peuvent vivre sans le secours de l'air atmosphérique. Ce principe est généralement reconnu.

Deuxième principe.

1133. L'air atmosphérique est un mélange de deux substances distinctes, l'oxygène et le nitrogène ou l'azote, fluidifiés par le calorique, et formant alors un surcomposé homogène.

Cette vérité repose sur des faits incontestables, que nous avons développés en parlant des propriétés

chimiques de l'air atmosphérique, n° 883 et les suivans.

Troisième principe.

1134. La propriété qu'a l'air de servir à la respiration, n'est due qu'à la partie oxigénée de l'air atmosphérique.

L'air atmosphérique est un mélange de gaz nitrogène et de gaz oxigène. Nous avons démontré que le gaz nitrogène est impropre à la respiration. La faculté qu'a l'air de servir à cette fonction du corps humain, n'est donc due qu'à la partie oxigénée de l'air atmosphérique.

Quatrième principe.

1135. L'eau est composée des bases du gaz hydrogène et du gaz oxigène.

Cinquième principe.

1136. Il se forme de l'eau dans l'acte de la respiration.

Lavoisier mit un cochon d'Inde dans une cloche pleine d'air atmosphérique et renversée sur le mercure. Il recueillit ensuite le gaz acide carbonique qui se forma pendant cette opération; et après avoir déterminé la quantité de gaz oxigène qui entroit dans sa composition, il reconnut qu'elle ne formoit que les quatre cinquièmes environ du volume de l'air qui avoit été consumé. « Il est donc évident, conclut ce physicien, qu'indépendamment de la portion du gaz oxigène qui a été convertie en gaz acide carbonique, une portion de celui qui est entré dans les poumons n'en est pas ressortie dans

l'état aériforme : d'où il résulte que pendant la respiration il se passe de deux choses l'une, ou qu'une portion de gaz oxigène s'unit avec le sang, ou bien qu'elle se combine avec une portion d'hydrogène pour former de l'eau. » Cette dernière opinion est préférable, et voici des motifs bien propres à décider la préférence.

1137. Il est connu depuis long-temps que le sang, pendant sa circulation, éprouve un changement remarquable de couleur ; que, lorsqu'il passe dans les veines capillaires, il prend une teinte livide et foncée, qui bientôt s'éclaircit et devient d'un beau rouge vermeil lorsqu'il traverse les poumons. Mais on ignoroit la cause de ce phénomène. Cigna et Priestley ont les premiers jeté quelque clarté sur cet objet. Ces deux physiciens observèrent qu'en exposant du sang veineux et du sang artériel à du gaz oxigène et à du gaz hydrogène, on opéroit le même effet. Seguin a répété ces expériences, et il a reconnu que le sang artériel mis en contact avec du gaz hydrogène, absorbe ce fluide, et prend la couleur livide et foncée du sang veineux ; tandis que ce dernier, mis en contact avec du gaz oxigène, le convertit en partie en gaz acide carbonique, et acquiert alors la couleur vermeille du sang artériel. Le docteur Priestley a trouvé que ces effets ont également lieu lorsqu'on interpose une vessie mince entre le sang et les gaz.

1138. Les expériences du docteur Hamilton sont aussi très-concluantes. Il fit trois ligatures à la veine jugulaire d'un chat. Ayant retiré le sang compris

entre deux de ces ligatures, il y introduisit du gaz hydrogène et l'y retint en fermant l'ouverture par laquelle il l'avoit introduit. Il défit alors la ligature du milieu, et le sang compris entre celle-ci et la troisième, se trouva en contact avec le gaz hydrogène. Au bout d'une heure, le sang avoit acquis une couleur presque aussi foncée que de l'encre.

1139. Il fit au même instant deux ligatures à la veine crurale du même animal, et y intercepta, pendant une heure à peu près, la même quantité de sang que dans l'expérience précédente; l'ayant retirée, il ne la trouva pas, à beaucoup près, aussi foncée en couleur que la première.

1140. Ces expériences démontrent que le sang artériel éprouve dans les veines capillaires le même changement de couleur que lorsqu'il est exposé au gaz hydrogène: d'où on peut conclure, avec Lavoisier et Crawford, 1°. que le changement de couleur que le sang artériel éprouve dans les veines, provient de sa combinaison avec une nouvelle quantité d'hydrogène; 2°. qu'en passant dans les poumons, le sang veineux reprend une couleur vermeille, parce qu'il cède au gaz oxygène une portion de son hydrogène; 3°. enfin, que pendant l'acte de la respiration, une portion du gaz oxygène qui est reçu dans les poumons, se combine avec le gaz hydrogène dégagé du sang, et forme de l'eau.

1141. En vain objecteroit-on que le gaz hydrogène et le gaz oxygène ne se combinent que lorsqu'on leur présente un corps enflammé. Les expériences de M. Berthollet prouvent en effet que l'hy-

drogène, lorsqu'il est prêt à se fluidifier (ou, ce qui revient au même, l'hydrogène n'ayant que très-peu d'adhérence avec le corps auquel il est combiné), est capable de s'unir avec le gaz oxygène à la température ordinaire de l'atmosphère. Il est évident que dans cette circonstance, la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène n'est pas contrariée par l'attraction du calorique pour l'hydrogène, puisque les matières animales ne contiennent pas du gaz hydrogène, mais seulement de l'hydrogène.

Sixième principe.

1142. Pendant l'inspiration, une grande partie de l'oxygène qui entre dans la composition de l'air atmosphérique se change, dans nos poumons, en gaz acide carbonique.

Si on fait passer le gaz qui sort des poumons à travers l'eau de chaux, elle se trouble : si on le reçoit à travers la teinture de tournesol, elle rougit ; et si on substitue de l'alcali pur à la teinture de tournesol, il devient effervescent. Tous ces faits garantissent la vérité de ce principe.

1143. Et qu'on ne dise pas que l'absence du carbone dans les poumons devroit empêcher la formation du gaz acide carbonique. En effet, tout le gaz hydrogène retiré des matières animales, tient en dissolution du carbone : d'où il résulte que tandis qu'une portion du gaz oxygène qui est reçu dans les poumons, se combine en partie avec l'hydrogène dégagé du sang pour former de l'eau, le carbone tenu en dissolution par l'hydrogène, se

combine avec une autre partie du gaz oxygène pour former le gaz acide carbonique. Il est important de remarquer que si les molécules du carbone n'étoient point divisées par cet état de dissolution dans l'hydrogène, elles ne pourroient se combiner avec la base du gaz oxygène qu'à la température de 150 degrés environ du thermomètre de Réaumur.

1144. Ces principes réunis jettent la plus grande clarté sur le phénomène de la respiration. Il est aisé d'en conclure que ce phénomène a pour cause la décomposition d'une partie du gaz oxygène que nous aspirons. Il résulte de cette décomposition, l'oxygène, qui en est la base, et le calorique, qui donnoit à cette base la fluidité aériforme. Cet oxygène se combine en partie avec l'hydrogène dégagé du sang pour former de l'eau, et en partie avec le carbone tenu en dissolution par l'hydrogène pour former du gaz acide carbonique.

Mais que devient le calorique ? Nous trouverons dans le chapitre qui suit, la solution de ce problème.

CHAPITRE III.

De la chaleur animale.

1145. LES belles expériences du docteur Crawford sur la chaleur, ne nous permettent pas de douter que le gaz oxygène ne contienne une grande quantité de calorique. Il résulte de cette vérité que

tandis que dans l'acte de la respiration, la base du gaze oxygène se combine en partie avec l'hydrogène dégagé du sang pour former de l'eau, et en partie avec le carbone tenu en dissolution par l'hydrogène pour former de l'acide carbonique, le calorique se dégage en abondance. Une portion de ce calorique abandonné par la base du gaz oxygène, est employée à donner à l'acide carbonique la fluidité aériforme; l'autre portion passe dans le sang pour lui donner le degré de chaleur et de fluidité qui lui conviennent. C'est à ce passage du calorique que nous devons le dédommagement des pertes de ce fluide, que nous ne cessons d'éprouver de la part de l'atmosphère et des corps environnans.

Cette explication du phénomène de la chaleur animale a été d'abord proposée comme un simple soupçon. Des faits multipliés, des expériences bien constatées n'ont pas tardé à le réaliser. Nous nous bornerons sur cet objet, aux observations suivantes, qui nous paroissent décisives.

Première observation.

1146. Il n'y a d'animaux chauds dans la nature, que ceux qui respirent habituellement.

Seconde observation.

1147. Parmi les animaux qui respirent habituellement, ceux dont les poumons sont plus considérables, relativement à leur volume, ont aussi une plus haute température.

1148. Ces observations, dont aucun physicien

ne conteste l'exactitude, suffisent sans doute pour prouver que la chaleur animale dépend de la décomposition du gaz oxygène dans les poumons, et du passage du calorique dans le sang; mais comment la température de chaque individu peut-elle se maintenir au même degré depuis le centre jusqu'aux extrémités? Les travaux de Seguin ont jeté beaucoup de jour sur cette question importante.

1149. Pour saisir facilement l'explication que ce physicien a donnée de ce phénomène, il est nécessaire de rapprocher quelques principes que nous avons établis en parlant du calorique, n° 725.

1150. Nous avons vu que pour élever du même nombre de degrés la température de deux corps hétérogènes égaux en masse, il faut presque toujours leur communiquer d'inégales quantités de calorique; et nous nous sommes servis pour exprimer ces différences, de l'expression : *capacité des corps pour admettre le calorique entre leurs molécules*. Si, par exemple, deux corps égaux en masse ont une température de 10 degrés, et s'il faut, pour les élever à une température de 40 degrés, communiquer à l'un une quantité de calorique double de celle qu'il faut communiquer à l'autre, nous disons alors que la capacité du premier est à celle du second depuis le dixième degré jusqu'au quarantième, comme 2 à 1. Ainsi *la capacité d'un corps pour admettre le calorique entre ses molécules, est une mesure indicative de la quantité de calorique qu'il faut lui communiquer comparativement à celle qu'il faut communiquer à un autre corps égal en masse et ayant la même*

température, pour les élever, l'un et l'autre, du même nombre de degrés.

1151. Le docteur Crawford a démontré que la capacité du sang artériel est à celle du sang veineux, comme 11,5 sont à 10, à peu près; c'est-à-dire que si, pour élever la température d'un demi-hilogramme (environ une livre) de sang artériel depuis le 0 du thermomètre jusqu'au trentième degré, il faut lui communiquer une quantité de calorique représentée par le nombre 11,5, il faudra, pour produire le même effet dans un demi-kilogramme (environ une livre) de sang veineux, ne lui communiquer qu'une quantité de calorique représentée par le nombre 10.

A l'aide de ces principes, il sera aisé d'expliquer d'une manière satisfaisante la permanence de température, à peu près constante, qu'on observe dans toutes les parties de notre système.

1152. L'attraction de l'hydrogène carboné pour l'oxygène, étant plus forte que les attractions réunies de l'oxygène pour le calorique, et de l'hydrogène carboné pour le sang, le gaz oxygène se décompose pendant l'inspiration, et alors il abandonne une partie de son calorique qui s'unit au sang, dont la capacité se trouve augmentée par la perte d'une portion de son hydrogène carboné; mais le sang artériel, en circulant ensuite, reçoit du système qui est toujours dans un état plus ou moins putrescent, une certaine quantité d'hydrogène carboné, et pendant ce changement, sa capacité se trouvant diminuée, il abandonne une portion du calorique qu'il avoit

absorbé dans les poumons. Ce calorique se reporte alors sur les humeurs environnantes, et élève leur température d'une manière à peu près uniforme. Ainsi, c'est au changement du sang veineux en sang artériel, et ensuite du sang artériel en sang veineux, que nous devons attribuer la permanence de température, presque constante, qu'on observe dans toutes les parties de notre système.

1153. M. Seguin a étendu plus loin les conséquences qu'on peut tirer de ces principes. Le frisson, dit-il, qu'on éprouve au commencement des fièvres, est précédé d'un état de langueur, d'un sentiment de débilité, et d'une diminution dans la force de contraction du cœur et des artères. Le poulx étant dans cette circonstance plus foible qu'à l'ordinaire, la quantité de sang qui passe dans les poumons dans un temps donné, diminue; il y a donc moins de gaz oxygène décomposé, et conséquemment moins de calorique communiqué à tout le système. Mais bientôt il se forme un spasme à la surface de la peau, le sang se porte au cœur avec abondance, les contractions sont plus fréquentes, la circulation s'accélère, la quantité de gaz oxygène décomposée se trouve augmentée, et la communication du calorique à tout le système, suit le même rapport.

1154. Dans les fièvres putrides, continue ce physicien, il faut ajouter encore à l'accélération de la circulation et de la respiration, l'état putrescent du système, qui augmente la dose d'hydrogène carboné que contient ordinairement le sang veineux.

Il est probable que c'est par cette raison que la température du corps humain n'est jamais plus élevée que dans cette espèce de fièvre. Il est bon d'observer que si quelque cause particulière ne diminueoit pas cette grande augmentation de température, l'animal périroit promptement; mais l'évaporation rapide, et la communication considérable d'une certaine quantité de calorique à l'air environnant, sont deux moyens que la nature emploie avec succès pour arrêter cet accident.

1155. Lavoisier a cru trouver dans la même cause l'origine de la chaleur qu'occasionne un mouvement violent. Lorsqu'on fait, dit-il, un violent exercice, lorsqu'on porte un pesant fardeau, lorsqu'on gravit une montagne, etc., etc., la circulation du sang est accélérée; il en passe par les poumons une plus grande quantité dans un temps donné : il y a donc une plus grande masse de gaz oxygène décomposée, et par conséquent un plus grand dégagement de calorique qui se communique au sang.

Plus ces deux dernières explications sont séduisantes, plus un physicien sage et attentif doit se tenir en garde contre l'écueil dangereux d'une adhésion précipitée. Elles reposent sur des faits dont l'existence est contestée par Delamétherie, qui prétend (*Journal de Physique*, cahier de janvier 1791, pag. 26), 1°. que la respiration est souvent beaucoup plus précipitée dans le frisson des fièvres intermittentes, que dans l'état naturel; 2°. que la respiration n'est pas plus accélérée lorsqu'on éprouve

la chaleur produite par la fièvre ou tout autre exercice violent, que dans l'état naturel. Ce conflit de témoignages doit engager les physiciens à vérifier ces faits; et c'est le résultat de cette vérification qui servira à détruire ou à confirmer ces explications ingénieuses.

CHAPITRE IV.

De la végétation.

1156. LA végétation est un phénomène qui consiste dans la formation, l'accroissement et la perfection de tous les corps de la nature qu'on connoît sous le nom de végétaux.

1157. La vie et l'accroissement sont les traits principaux qui caractérisent ces êtres organisés fixés à la surface de la terre : ils diffèrent des animaux, en ce qu'ils n'ont ni mouvement ni sensibilité; et on les distingue des minéraux, en ce qu'ils se nourrissent par intus-susception, et qu'ils élaborent les sucs destinés à leur accroissement.

1158. Les anciens n'ont eu que des idées fausses ou obscures sur cet important phénomène. Ils croyoient assez généralement que la terre dans laquelle on voit végéter les plantes, étoit leur nourriture favorite, et qu'elle contribuoit par elle-même à la formation de leur substance.

1159. Les expériences de Vanhelmont et de Boyle dissipèrent ces funestes erreurs. Le premier planta un saule pesant 25 kilogrammes (50 livres) dans

une caisse couverte d'une platine d'étain, contenant 50 kilogrammes (100 livres) de terre, qu'il avoit soin d'arroser avec de l'eau bien pure. L'arbre poussa vigoureusement, et au bout de cinq ans, il pesoit 85 kilogrammes (170 livres). La terre n'avoit perdu que 60 grammes (2 onces) de son poids.

1160. Boyle sema de la graine de courge dans une terre qu'il avoit fait sécher au four, et l'arrosa avec de l'eau très-pure : il obtint une courge du poids de $1\frac{1}{2}$ kilogrammes (3 livres), et une du poids de 7 kilogrammes (14 livres). La terre pesée de nouveau, n'avoit pas perdu sensiblement de son poids.

1161. Plusieurs physiciens ont répété avec le même succès ces sortes d'expériences. Eller rapporte, dans les Mémoires de l'Académie de Berlin, année 1746, qu'ayant mis une graine de citrouille dans 8 kilogrammes (environ 16 livres) de terre, il eut à la fin de l'automne deux citrouilles pesant, avec la plante, environ 12 kilogrammes (24 liv.), qui avoient laissé, en brûlant, 160 grammes (5 onc. quelques grains) de cendre, et que la terre, desséchée comme la première fois, n'avoit perdu que 15 grammes (demi-once).

1162. Bonnet a obtenu des fleurs très-odorantes et des fruits exquis, en faisant végéter les plantes dans de la mousse humectée.

1163. Nous voyons journellement élever des plantes bulbeuses, de même que des graminées, dans des bouteilles ou des soucoupes où l'on n'entretient que de l'eau.

1164. Tous ces faits réunis nous conduisent à conclure que la terre n'est pas l'aliment favori des végétaux, qu'elle n'est pas même nécessaire à la végétation, et qu'elle n'influe sur la production des plantes, qu'autant qu'elle sert, pour ainsi dire, d'éponge propre à conserver à leurs racines la fraîcheur et l'humidité convenables à la végétation.

1165. S'il est vrai que la terre ne fournit pas aux plantes la matière de leur accroissement, elles doivent la recevoir principalement de l'eau et de l'air qui les entourent. Tous les physiciens sont d'accord, depuis long-temps, sur cet article; mais c'est à la chimie moderne que nous devons de connoître comment ces deux fluides contribuent à la production des principes qui constituent les végétaux.

1166. Pour apprécier toute cette influence, il est nécessaire de remarquer que dans la décomposition des végétaux à la distillation, on obtient toujours du gaz acide carbonique qui n'y existoit pas tout formé. Le carbone fait donc partie des élémens de tous les végétaux. Tout le monde sait que l'huile est très-abondante dans le règne végétal: l'hydrogène est donc encore un des principes constitutifs des végétaux, puisqu'il est rigoureusement démontré qu'il est partie essentielle de l'huile. La plupart des végétaux ont aussi un acide déterminé, indépendamment de celui qu'ils produisent quand on l'extrait à la cornue: ils contiennent donc l'oxygène, qui est le principe acidifiant. Quelques plantes, telles que la crucifère, donnent à la distillation de l'ammoniaque,

et alors elles possèdent nécessairement du nitrogène, comme nous le démontrerons bientôt.

1167. Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène sont donc les trois élémens qui composent principalement tous les végétaux. Le nitrogène ne convient qu'à quelques plantes privilégiées.

1168. Or, comment peut-il se faire que l'air et l'eau concourent à la formation de ces produits ? Sennebier prétend que dans l'acte de la végétation, les plantes reçoivent le carbone du gaz acide carbonique, dont l'air et l'eau qui les entourent ne sont jamais entièrement dépourvus. Elles prennent l'hydrogène à l'eau qu'elles ont la propriété de décomposer, comme le gaz acide carbonique. Il n'est pas difficile d'assigner la source de la portion d'oxygène qui doit entrer dans la composition des principes de ces êtres organisés, puisque la décomposition de l'eau en fournit une quantité considérable qui les environne sans cesse. Enfin le nitrogène qui fait partie constituante de quelques plantes, leur est fourni par la putréfaction des substances animales qui se trouvent mêlées avec la terre sur laquelle les plantes sont fixées.

Mais dans quelles circonstances les plantes qui végètent ont-elles la propriété de décomposer l'eau et le gaz acide carbonique ? Nous allons rapporter les expériences sur lesquelles Sennebier fonde son opinion sur cet objet. C'est un fait appuyé sur des expériences multipliées du docteur Ingenhousz, et d'un grand nombre d'autres physiciens, que les

plantes répandent dans l'atmosphère une quantité considérable de gaz oxygène. Mais cette propriété ne leur convient que lorsqu'elles sont exposées à la lumière et au contact des rayons du soleil. La lumière solaire a donc une grande influence sur la décomposition de l'eau par le moyen des plantes qui végètent. C'est elle qui, tandis que les plantes s'emparent de l'hydrogène de l'eau, en attire puissamment l'oxygène, se combine avec cette substance, lui donne la fluidité aériforme, et facilite ainsi son évasion dans l'atmosphère pour réparer les pertes que fait essuyer à la pureté de l'air atmosphérique la respiration des animaux. On ne peut révoquer en doute cette vérité, si l'on fait attention, 1°. que l'eau est la seule substance qui puisse fournir aux végétaux l'hydrogène qui entre dans leur composition; 2°. que les pois dégagent du gaz hydrogène dans l'acte de la germination, d'après les observations de Sennebier et Huber; 3°. que les plantes rendent beaucoup moins d'eau par l'évaporation, qu'elles n'en sucent par leurs racines, comme l'attestent les expériences multipliées de Sennebier; 4°. que l'ombre change entièrement la propriété qu'ont les plantes de purifier l'atmosphère. Elles ne donnent que du gaz acide carbonique lorsqu'elles sont privées du contact de la lumière. Cette privation met obstacle à la décomposition de l'eau. Ce liquide est alors absorbé en entier par les plantes, qui deviennent blanches, fades, étiolées, et qui contiennent beaucoup moins de matière colorée, combustible

ou

ou huileuse , que celles qui sont frappées par la lumière solaire (1).

1169. Sennebier pense que le gaz acide carbonique est aussi décomposé par la lumière solaire dans l'acte de la végétation, et que c'est à cette décomposition qu'est dû en grande partie le gaz oxygène que les plantes versent dans l'atmosphère. Voici les expériences les plus concluantes en faveur de cette opinion. Ce physicien chargea d'abord l'eau de gaz acide carbonique en diverses proportions, et plaça dans cette eau des feuilles qu'il exposa au soleil. Il fit la même expérience avec l'eau commune et l'eau dépouillée par l'ébullition, de tout l'air qu'elle contient. Les feuilles exposées dans l'eau bouillie, au soleil, ne donnèrent point d'air; celles qui furent mises ainsi dans l'eau commune, fournirent une petite quantité d'air; et toutes celles qui furent placées dans l'eau plus ou moins chargée de gaz acide carbonique, en laissèrent échapper beaucoup plus.

1170. Pour donner plus de force à ses preuves, Sennebier chercha si l'eau chargée de gaz acide carbonique, qui avoit favorisé une si grande production de gaz oxygène pendant une journée,

(1) Huber a observé qu'à l'obscurité, des plantes exposées à un courant d'air ont été verdies.

Sennebier attribue l'étiollement des plantes à la décomposition de l'acide carbonique qu'il admet dans les plantes. Il applique les mêmes principes à l'explication de la maturité des fruits. Voyez sa *Physiologie végétale*.

produiroit le même effet dans le jour suivant; mais il trouva que le pouvoir de cette eau étoit fort diminué, et qu'il se perdoit bientôt tout-à-fait quand on continuoit à exposer des feuilles au soleil dans cette même eau, qui étoit enfin réduite à l'état d'eau bouillie par la perte de son gaz carbonique. Il établit le même fait plus promptement; il supprima l'influence de l'eau aérée sur les feuilles, en la mêlant avec une quantité d'eau de chaux suffisante pour lui ôter tout son gaz acide carbonique, ou en la faisant seulement bouillir : alors les feuilles qu'il y exposa au soleil ne produisirent plus de gaz oxigène, comme auparavant : il rendit cependant à cette eau sa première propriété, de même qu'à l'eau bouillie, en y introduisant peu à peu ou tout à la fois une certaine quantité de gaz acide carbonique.

1171. Ces expériences ne présentent que trois objets à considérer dans le récipient plein d'eau aérée, quand on y a placé une feuille au soleil : *l'eau, le gaz acide carbonique et la feuille*. L'eau n'est pas la source de tout ce gaz oxigène, puisque les feuilles ne donnent presque pas de gaz oxigène au soleil dans l'eau distillée ou dans celle qui est bien bouillie. Ce n'est pas la feuille, puisque, dans le cas dont nous venons de parler, les feuilles ne fournissent point d'air. Puis donc qu'il faut donner l'exclusion à ces deux substances, parce qu'elles ne peuvent être la cause du gaz oxigène recueilli, quand on expose les feuilles sous l'eau aérée au soleil, il faut reconnoître que le gaz acide carbo-

nique contenu dans cette eau est vraisemblablement la cause productrice de ce gaz oxigène.

1172. Ces preuves acquièrent plus de force quand on réfléchit sur l'expérience suivante, que nous devons au même physicien. Des feuilles de framboisier épuisées d'air par la pompe pneumatique, sous l'eau bouillie, et passées ensuite sous un récipient plein d'eau aérée, sans avoir été en contact avec l'air commun, ont fourni environ seize fois plus de gaz oxigène que la pompe n'en avoit extrait d'air dans le vide.

1173. Ainsi donc, puisque ces feuilles privées d'air donnent au soleil du gaz oxigène dans l'eau aérée, il en résulte que le gaz oxigène doit avoir été produit par le gaz acide carbonique contenu dans l'eau.

1174. Sennebier tire des expériences que nous venons de rapporter, les conséquences suivantes : 1°. le gaz oxigène produit par les feuilles mises sous l'eau aérée au soleil, est sans doute élaboré par elles, puisque l'eau aérée, exposée au soleil sous un récipient qu'elle ferme, ne donne point d'air ; 2°. le gaz acide carbonique étant composé d'oxigène et de carbone, on conçoit aisément comment le gaz acide carbonique peut produire le gaz oxigène fourni par les feuilles exposées au soleil dans l'eau aérée. Cet effet est dû à la lumière qui se combine avec l'oxigène, de même que le calorique, avec lequel elle a beaucoup de traits de ressemblance. D'un autre côté, le carbone qui a peu d'attraction pour la lumière, se fixe dans la plante

pour se combiner avec elle, et former ainsi les huiles, les résines, etc.

1175. Quelle est la source où les plantes qui végètent en plein air peuvent puiser le gaz acide carbonique? Il paroît, 1°. qu'il s'y introduit dissous dans l'eau, par le moyen des racines qui le sucent avec la sève qui y monte; 2°. par la rosée et les brouillards qui se déposent sur les feuilles. Ces eaux, qui les recouvrent, s'emparent alors de la petite quantité de gaz acide carbonique contenu dans l'atmosphère, et les feuilles le décomposent à l'aide de la lumière. Les expériences de Sennebier et de Morozzo semblent donner du poids à cette conjecture; elles se réunissent pour établir que la rosée et les brouillards contiennent du gaz acide carbonique.

1176. Il est aisé de conclure de ce que nous avons dit, que l'eau et le gaz acide carbonique sont décomposés dans l'acte de la végétation. L'hydrogène de l'eau et le carbone du gaz acide passent dans la plante avec une certaine quantité d'oxygène, pour former ses principes constitutifs, tandis que le reste de l'oxygène fluidifié par le calorique et la lumière, s'échappe dans l'atmosphère.

1177. L'eau et l'air ne sont pas les seuls fluides qui concourent à la végétation des plantes. Nous verrons dans la suite, que le fluide électrique et le fluide magnétique jouent probablement un rôle dans la production de cet important phénomène.

CHAPITRE V.*De la Fermentation.*

APRÈS avoir expliqué le phénomène de la végétation des plantes, il nous reste à chercher la cause des altérations qu'elles éprouvent dans différentes circonstances. Ces altérations sont dues à un phénomène particulier, que l'on appelle *fermentation*, et dont les découvertes modernes nous fournissent une explication satisfaisante.

1178. La fermentation est un mouvement spontané qui s'excite dans un végétal, et qui en change totalement les propriétés. Ce mouvement est propre aux fluides des corps organisés, et il n'y a que les substances élaborées par le principe de la vie végétale ou animale qui en soient susceptibles.

1179. On distingue trois espèces de fermentation; la fermentation vineuse, la fermentation putride, et la fermentation acéteuse. Nous ferons voir en peu de mots quels sont les phénomènes particuliers qui les distinguent.

1180. Personne n'ignore l'art de faire le vin, et en général toutes les liqueurs fermentées. Il consiste à mettre les raisins dans une cuve, à les exposer à une chaleur de plus de 10 degrés, thermomètre de Réaumur; à les écraser, à les fouler, à les agiter et à étendre d'eau le mout qui en résulte, s'il n'a pas assez de fluidité. Alors il s'y excite une fermentation

rapide, qui augmente progressivement. Lorsqu'elle a acquis son plus haut degré d'activité, il se produit une chaleur d'environ 18 degrés, suivant Rozier, et il se dégage toujours une quantité considérable de gaz acide carbonique, qui va former au-dessus de la cuve une couche qu'on distingue facilement de l'air. Le suc de raisin, ou le mout, de doux et de sucré qu'il étoit, se change, dans cette opération, en une liqueur vineuse qui ne contient plus de sucre, et dont on peut retirer, par distillation, une liqueur inflammable connue sous le nom d'*esprit-de-vin*. Cette liqueur étant un produit de la fermentation d'une matière sucrée quelconque, les chimistes modernes ont cru devoir lui enlever cette antique dénomination, pour lui substituer la dénomination plus générale d'alcool, qu'ils ont empruntée des Arabes.

1181. Les physiciens ont long-temps agité la question de savoir s'il est avantageux d'égrapper ou non les raisins. Il nous paroît qu'il est inutile de les égrapper lorsqu'ils sont parvenus au plus haut degré de maturité. Ils sont alors très-chargés de matière sucrée; la grappe en tempère la douceur par le principe amer qu'elle donne. Lorsque les raisins ne sont pas bien mûrs, le suc qui en résulte n'est pas très-sucré; la grappe lui donneroit trop d'amertume et de rudesse.

1182. On décuve le vin lorsque tous les phénomènes de la fermentation sont apaisés. Alors la masse s'est affaissée, la couleur est bien développée, la liqueur s'est éclaircie, et la chaleur a disparu. On

met le vin dans des tonneaux , où il éprouve une seconde fermentation insensible : il se clarifie, la combinaison des principes s'achève, le goût et l'odeur s'y développent avec plus de force et d'énergie.

1183. Pour rendre les vins mousseux, il ne faut qu'arrêter la fermentation. On empêche ainsi l'évasion du gaz acide carbonique : ce fluide aériforme est pour ainsi dire enchaîné dans la liqueur, qui reçoit de sa présence la propriété de mousser.

1184. De ce que nous avons dit, il résulte que l'alcool et le gaz acide carbonique sont les deux produits de la fermentation vineuse. La formation de ces produits a pour cause la décomposition de la substance végétale ou sucrée. Pour bien entendre ce qui se passe dans cette opération, il faut se rappeler ce que nous avons établi dans le chapitre précédent; savoir, que l'hydrogène, le carbone et l'oxygène sont les principes constitutifs des végétaux. Lavoisier pense que les végétaux contiennent ces trois élémens dans un état d'équilibre. La fermentation, en détruisant l'attraction réciproque de ces trois principes, détruit le repos et l'équilibre : l'équilibre rompu, il se forme de nouvelles combinaisons. Une portion d'oxygène s'unit à une portion de carbone pour produire le gaz acide carbonique; l'autre portion d'oxygène, l'autre portion de carbone s'unissent avec l'hydrogène pour former une substance combustible très-légère qui constitue l'alcool.

1185. Dans la fermentation putride, les trois principes constitutifs des végétaux perdent leur équilibre,

comme dans la fermentation vineuse; mais le résultat de leur nouvelle combinaison est différent. L'hydrogène se dissipe en entier sous forme de gaz, tandis que l'oxygène se réunit au calorique et au carbone pour produire du gaz acide carbonique : d'où il résulte que la putréfaction des végétaux n'est autre chose qu'une analyse complète des substances végétales, dans laquelle la totalité de leurs principes se dégage sous forme de gaz, à l'exception de la terre qui reste.

1186. Tel est le résultat de la putréfaction, lorsque les substances végétales fermentent seules; mais la fermentation est alors très-lente et très-difficile. Aussi, pour favoriser la putréfaction, prend-on soin de mélanger les matières animales avec les matières végétales. Le nitrogène que contiennent toujours les matières animales (1) accélère beaucoup la putréfaction. L'introduction du nitrogène dans les matières de la putréfaction, ne contribue pas seulement à en hâter les phénomènes, il concourt aussi à la production de l'ammoniaque, qui, comme nous l'avons démontré en traitant de ce fluide aéri-forme, résulte de la combinaison du nitrogène avec l'hydrogène.

1187. La fermentation acéteuse n'est autre chose que l'acidification du vin par l'absorption de l'oxygène. Les preuves de cette vérité ne sont pas équivoques. 1°. Le vin ne peut se convertir en vinaigre

(1) Les principes constitutifs des matières animales sont l'hydrogène, le carbone, l'oxygène, le nitrogène et le phosphore.

qu'autant qu'il a le contact de l'air, et qu'autant que cet air contient du gaz oxigène; 2°. cette opération est accompagnée d'une diminution du volume de l'air dans lequel elle se fait, et cette diminution a pour cause l'absorption de l'oxigène; 3°. enfin on peut transformer le vin en vinaigre, en l'oxigénant d'une manière quelconque.

1188. Le procédé le plus usité pour faire du vinaigre, est encore celui qui nous a été transmis par Boerhaave; il consiste à disposer deux tonneaux dans un atelier chaud; on établit deux claies d'osier à une certaine distance des fonds; on y étend dessus des rafles et des branches de vigne; on remplit de vin un des tonneaux, tandis qu'on ne remplit l'autre qu'à moitié; la fermentation commence dans ce dernier, et lorsqu'elle est bien établie, on la tempère en remplissant le tonneau avec le vin du second: la fermentation se développe alors dans le second; on la ralentit en le remplissant de la même manière; on continue à vider et à remplir les deux tonneaux, jusqu'à ce que le vinaigre soit bien formé. Douze à quinze jours suffisent pour l'obtenir dans cet état.

1189. On a observé que de l'eau distillée, imprégnée de gaz vineux, donne du vinaigre au bout de quelques mois. Pour y réussir, il faut placer l'eau sur le chapeau de la vendange: l'eau se sature de gaz acide carbonique, qui a probablement entraîné une partie du mucilage, seul principe propre à subir la fermentation acéteuse.

LIVRE X.

Des Alcalis et des Terres.

CHAPITRE PREMIER.

Des Alcalis.

PARAGRAPHE PREMIER.

De la nature et des propriétés générales des alcalis.

1190. ON appelle *alcali* toute substance caractérisée par les propriétés suivantes.

1°. Saveur âcre, urineuse et caustique.

2°. Solubilité dans l'eau.

3°. Propriété de verdir plus ou moins le sirop de violette, le rouge des œillets, des roses, l'écorce des raves, la teinture bleuâtre de la mauve, et de faire passer au rouge-brun ou au violet foncé la teinture jaune de curcuma ou *terra merita*.

4°. Faculté de s'unir facilement et étroitement avec les acides pour former avec eux des sels proprement dits.

Il est aisé de voir que ces propriétés qui servent, quand elles sont réunies, à manifester la présence d'un alcali, émanent toutes de la vertu attractive

qui anime les molécules de matière quand elles sont en contact.

1191. On croyoit encore, vers le milieu du dix-septième siècle, que les sels étoient des corps simples. En se perfectionnant, l'analyse fit découvrir que les sels se composent d'acides combinés avec les substances alcalines, terreuses ou métalliques. Dans ces derniers temps on a senti la nécessité de faire pour les principes des sels ce qu'on avoit fait pour les sels eux-mêmes. Lavoisier décomposa les acides et laissa à un savant aussi illustre, mais plus moderne, la gloire de nous dévoiler la composition des alcalis et des terres. Nous verrons bientôt que les substances alcalines et terreuses ne sont autre chose que des oxides métalliques.

1192. Nous distinguons trois alcalis, savoir : la potasse, la soude et l'ammoniaque. Les deux premiers peuvent être regardés comme des alcalis fixes, non parce qu'ils jouissent d'une fixité absolue, mais parce qu'en les comparant au troisième, qui se réduit facilement en gaz, leur vaporisation est véritablement difficile : de là vient que l'ammoniaque a reçu le nom d'*alcali volatil*.

§ II.

De la Potasse.

1193. Si l'on fait brûler un végétal dans un appareil distillatoire, à l'air libre, tous les principes volatils du végétal s'échappent. Il ne reste, après la combustion, qu'une petite portion d'une matière

terreuse grise, connue sous le nom de *cendre*, et qui contient les seuls principes vraiment fixes qui entrent dans la constitution des végétaux : cette terre ou cendre contient une substance connue sous le nom de *potasse* ou *alkali fixe végétal*.

Pour l'obtenir, on passe de l'eau sur les cendres ; l'eau se charge de la potasse qui est dissoluble, et elle laisse la terre qui est insoluble ; en évaporant ensuite l'eau, on obtient la potasse qui est fixe, même à un très-grand degré de chaleur, et qui reste sous une forme blanche et concrète.

1194. La potasse qu'on obtient à la faveur de la lixiviation et de l'évaporation, n'a pas le degré de nudité qui est nécessaire dans certaines circonstances ; elle est toujours combinée avec l'acide carbonique, et mêlée de différentes substances qui altèrent sa pureté.

Pour dégager la potasse, on la dissout dans le moins d'eau possible : on filtre ; le sulfate de potasse, comme moins soluble, reste dessus avec les terres ; on étend la dissolution de vingt parties d'eau, et on en ajoute deux de chaux vive qu'on vient d'éteindre, afin qu'elle soit plus divisée et qu'elle se dissolve mieux. On opère ainsi à grande eau, parce que la chaux est peu soluble, et qu'à ce qu'il paroît, il n'y a que celle qui est dissoute qui agit sur le carbonate de potasse. On fait bouillir jusqu'à ce que la liqueur ne précipite plus l'eau de chaux. Alors on presse l'évaporation dans une chaudière de fer ou de cuivre étamé, jusqu'à consistance de miel ; on ajoute en excès de l'alcool qui soit au moins à 37

degrés; on fait bouillir; l'alcool dissout exclusivement la potasse pure : cependant on verse le tout dans un flacon où la séparation se fait par le repos. On apperçoit bientôt 1°. une couche de potasse dissoute dans l'alcool sous forme d'huile transparente et jaune; 2°. au-dessous, une seconde couche formée par les sels contenus dans la potasse et qui sont dissous dans l'eau de l'alcool ou de la potasse; 3°. enfin, on voit au-dessous les terres, les sels insolubles, et l'excès de ceux qui sont dissous dans les couches supérieures; on sépare à la faveur d'un siphon, la couche supérieure; on distille ce composé d'alcool et de potasse jusqu'aux deux tiers; on retire l'alcool; on fait évaporer le tiers restant dans une bassine d'argent; il se forme une pellicule noirâtre qui est une résine due à l'alcool; on écume jusqu'à ce que la liqueur soit claire, et on coule sur une plaque; on casse par morceaux, qu'on a soin d'enfermer dans des flacons bien bouchés pour les rendre inaccessibles au contact de l'air atmosphérique.

1195. Dans cet état de pureté, la potasse est sous forme sèche et blanche; sa saveur est si forte, qu'elle ronge la peau et ouvre des cautères. Elle donne au sirop de violette une couleur verte très-foncée.

1196. Exposée à l'air, elle en attire puissamment l'humidité, se résout en liqueur, et passe à l'état de sel par l'absorption de l'acide carbonique qu'elle enlève avec avidité à l'air qui l'environne; elle fait alors effervescence avec les acides, ce qui n'arrive jamais lorsque, par les procédés indiqués ci-dessus, on lui a rendu sa pureté.

1197. La potasse se dissout dans l'eau avec beaucoup de promptitude; elle produit alors un grand degré de chaleur, et elle exhale une odeur très-fétide. Sa dissolution est sans couleur. Si on veut la séparer de son dissolvant, il faut l'évaporer dans des vaisseaux fermés jusqu'à siccité, parce qu'à l'air elle attire l'acide carbonique, et devient effervescente.

1198. La potasse se combine aux terres siliceuses et les entraîne dans sa fusion; elle forme alors un corps transparent connu sous le nom de *verre*. Ce corps diffère suivant la quantité respective de sable et de potasse qu'on fait servir à sa fabrication. La pureté des deux substances, leur proportion, leur fusion complète, à l'aide d'un feu assez fort et assez long-temps continué, sont les conditions nécessaires pour avoir un verre transparent, dur, sans bulles, et surtout inaltérable à l'air.

1199. Elle s'unit à l'huile à l'aide de la chaleur, et il résulte de cette union un composé soluble dans l'eau. C'est par rapport à la potasse qu'on emploie les cendres dans les lessives qu'on fait pour blanchir le linge; l'usage de la potasse dans ce cas est de s'unir avec les substances grasses, et de les rendre solubles dans l'eau.

1200. La potasse se combine avec le soufre et forme du sulfure de potasse; on opère cette combinaison, 1°. par la fusion des parties égales de potasse et de soufre; 2°. en faisant digérer la potasse pure et liquide sur le soufre. La potasse devient d'un jaune rougeâtre. Les dissolutions du soufre par un

alkali sont aussi connues sous le nom de *foies de soufre*; elle s'unit à l'hydrogène sulfuré : d'où il résulte de l'hydrogène sulfuré de potasse. Ces composés sont d'un grand usage dans les arts.

1201. La potasse avoit été regardée pendant longtemps comme appartenant exclusivement au règne végétal. Il est démontré aujourd'hui qu'elle se trouve abondamment parmi les fossiles. Vauquelin a prouvé qu'elle entre comme élément dans la composition du sulfate d'alumine ou alun.

1202. Vers l'an 1807, M. Davy eut l'idée heureuse de soumettre à l'action de l'électricité galvanique, la potasse qui avoit résisté à tous les autres moyens d'analyse; et voici comment, après quelques essais infructueux, il parvint à réaliser cette idée. Il liquéfia la potasse par la chaleur dans une capsule de platine dont il mit la surface immédiatement au-dessous de l'alkali en contact avec le pôle positif d'une pile composée de cent paires de plaques, chacune de 150 millimètres carrés. Il toucha ensuite la potasse avec le fil communiquant à l'extrémité du cuivre ou négative de la pile, et il se dégagait à l'instant une lumière vive au fil négatif, tandis qu'il s'éleva du point de contact une flamme qui provenoit visiblement du développement d'une matière combustible.

Dans cette expérience les produits furent consumés aussitôt que formés. Pour les obtenir, M. Davy plaça un morceau de potasse sur une lame de platine isolée, et le mit en contact avec les deux extrémités de la pile électrique ci-dessus mentionnée.

En établissant la réunion, la potasse se fondit des deux côtés où elle étoit en contact avec le platine. Une effervescence considérable provenant du dégagement du gaz oxygène, parut à la partie supérieure. Il ne se dégagèa pas de gaz à la partie inférieure ou négative; mais on vit de petits globules d'un grand éclat métallique, et qui, pour les caractères extérieurs étoient parfaitement semblables au mercure. Quelques-uns de ces globules brûlèrent avec explosion et une flamme brillante, tandis que les autres se couvrirent d'une croûte blanche qui se forma à leur surface.

M. Davy a prouvé qu'on peut obtenir dans le vide la production de ces globules, qui est conséquemment indépendante de l'action de l'atmosphère.

On conserve ces globules en les plongeant dans le naphte (1) immédiatement après leur formation. Le contact de l'air suffit pour convertir leur surface en potasse.

Si l'on applique la chaleur à ces globules exposés à l'action de l'air sur le mercure dans un tube de verre gradué, il se produit une combustion rapide accompagnée d'une flamme blanchâtre, brillante; et les globules se concentrent en une substance blanche qui n'est autre chose que de la potasse. Ici

(1) Le naphte est une substance légère, qui se présente souvent sous forme d'une huile incolore très-odorante et très-inflammable. On la trouve à la surface de l'eau de quelques sources en Italie et sur les bords de la mer Caspienne. Son odeur est très-pénétrante sans être désagréable.

l'oxygène est absorbé, et le poids de l'alcali surpasse celui des globules consumés.

Si l'on jette un de ces globules sur l'eau, il se produit un dégagement subit de gaz hydrogène, et l'oxygène de l'eau décomposée se combine avec le globule pour reformer l'alcali.

L'analyse et la synthèse concourent donc pour démontrer la composition de la potasse. Les élémens de cet alcali sont, l'oxygène, et une base que M. Davy a appelée *potassium* et qu'il a placée parmi les métaux auxquels elle ressemble par l'opacité, le brillant, la malléabilité, le pouvoir de conduire la chaleur et l'électricité, etc.

1203. MM. Thénard et Gay-Lussac se sont occupés, après M. Davy, de décomposer la potasse, et ils y sont parvenus sans le secours de la pile électrique, par l'intermède des attractions chimiques. Leur procédé donne la base alcaline à un degré moindre de pureté, mais il la fournit en plus grande quantité que l'analyse électrique. Il consiste à présenter la potasse à du fer incandescent, qui attire plus puissamment l'oxygène que la base alcaline ne le retient. L'appareil qui sert à cet objet étant à peu près le même que celui qu'on emploie pour la décomposition de l'eau, je crois inutile d'en donner une description détaillée. Je me borne à dire que lorsque les tournures de fer sont bien décapées, la potasse bien sèche, et l'appareil exempt de tout corps étranger, le métal qui se produit diffère peu de celui qu'on obtient par la pile électrique. Son éclat, sa ductilité et sa malléabilité sont semblables ; mais son point de

fusion et sa pesanteur spécifique sont un peu plus élevés. M. Davy attribue cette différence à un peu de fer qu'il contient.

§ III.

De la Soude.

1204. La soude est, comme la potasse, un alcali qui se tire de la lixiviation des cendres que donnent les plantes par la combustion, mais de celles seulement qui croissent aux bords de la mer, et principalement du *cali* : d'où est venu le nom d'*alcali*, qui lui a été donné par les Arabes.

On forme des amas considérables de ces plantes salées; on creuse à côté de ces tas une fosse ronde qui s'élargit vers le fond, et qui a environ 1299 millimètres (4 pieds) de profondeur; c'est dans ce foyer qu'on brûle les végétaux; et lorsque la combustion est achevée, on trouve une masse d'alcali que l'on casse en morceaux pour en faciliter la vente.

1205. Toutes les plantes marines ne donnent pas la même qualité de soude. La *barille* d'Espagne fournit la belle soude d'Alicante : on cultive sur les bords des étangs de la Provence, une plante connue sous le nom de *salicor*, qui donne une soude de bonne qualité; mais les plantes qui croissent sans culture fournissent une soude très-inférieure. M. Chaptal a soumis ces différentes espèces de soude à une analyse rigoureuse dont il a consigné les résultats dans l'Encyclopédie méthodique, art. *Verrerie*.

1206. La soude qu'on retire par lixiviation des cendres que donne la combustion des plantes ma-

riues, n'est pas plus pure que la potasse. On la débarrasse par les mêmes procédés de toutes les substances qui altèrent sa pureté.

1207. La soude diffère de la potasse en ce que, 1°. elle est moins caustique; 2°. bien loin d'attirer, comme la potasse, l'humidité de l'atmosphère, elle est efflorescente, c'est-à-dire qu'elle a pour l'eau moins d'attraction que l'air qui la lui enlève avec une grande activité; 3°. la soude cristallise en octaèdres rhomboïdaux; 4°. elle forme des produits différens avec les mêmes bases; 5°. elle est beaucoup plus propre à la vitrification et à la fabrication du savon.

1208. Les moyens que M. Davy a employés avec tant de succès pour décomposer la potasse, lui ont servi à décomposer la soude. Les élémens de cet alcali sont l'oxigène et une base métallique qui a reçu le nom de *sodium*.

Le sodium et le potassium ont des propriétés communes et des propriétés qui les distinguent. C'est dans les Traités de Chimie qu'il faut en chercher le tableau; ici je me borne à dire, 1°. que le sodium et le potassium forment des sels différens en se combinant avec les acides; 2°. que le gaz hydrogène dissout le potassium, et forme du gaz hydrogène potassé, tandis que le sodium n'est pas soluble dans ce fluide aériforme.

§ IV.

De l'Ammoniaque.

1209. L'ammoniaque est une substance alcaline qui est constamment à l'état aériforme, à la pression

et à la température habituelle de l'atmosphère ; on le dégage par l'action de la chaux vive sur le muriate ammoniacal ou sel ammoniac commun. Voici le moyen le plus propre à l'obtenir dans toute sa pureté.

On met environ trois parties de chaux vive et une partie de muriate ammoniacal dans une cornue , à l'orifice de laquelle est adapté un tube recourbé , dont l'extrémité plonge dans la cuve de l'appareil au mercure , sous une cloche pleine de ce fluide métallique , et on chauffe le fond de la cornue avec quelques charbons allumés , ou avec une lampe à alcool. A la première impression du feu , le mélange s'échauffe avec effervescence , et l'ammoniaque se dégage sous la forme d'un fluide élastique.

Le muriate ammoniacal est composé d'acide muriatique et d'ammoniaque. De plus , la chaux vive a plus d'attraction pour l'acide muriatique , que cet acide n'en a pour l'ammoniaque. Lors donc qu'on mêle de la chaux vive avec du muriate ammoniacal , le sel se décompose. L'acide muriatique se combine avec la chaux pour former du muriate de chaux , et l'ammoniaque devenu libre , se combine avec le calorique , qui lui donne la fluidité aériforme.

Il est nécessaire de se servir de l'appareil au mercure pour recueillir le gaz ammoniaque , parce que l'eau a la propriété de l'absorber avec beaucoup de promptitude. L'eau saturée de ce gaz constitue ce qu'on connoît sous le nom d'ammoniaque liquide.

1210. La glace a aussi la propriété d'absorber le gaz ammoniaque. Cette absorption la fait fondre sur-le-champ , en produisant du froid , parce qu'il

faut qu'une grande quantité de calorique se combine avec la glace pour opérer sa fusion. Au contraire le gaz ammoniacque produit de la chaleur lorsqu'il est absorbé par l'eau fluide, parce que cette eau n'ayant pas besoin d'une nouvelle dose de calorique, celui que le gaz ammoniacque abandonne pour se combiner avec l'eau prend l'état de liberté.

1211. Le gaz ammoniacque a une saveur âcre et caustique, une odeur vive et pénétrante. Il est beaucoup plus léger que l'air atmosphérique. Sa pesanteur spécifique est à celle de l'air commun, comme 55 à 100.

1212. Il verdit promptement et fortement les couleurs bleues des violettes, de la mauve, des raves, etc.

1213. Le gaz ammoniacque est un des fluides aériformes qui se dilate le plus, par son union au calorique. L'air atmosphérique ne se combine point avec ce gaz, il ne fait que l'étendre et le diviser. La combinaison de ce fluide aériforme avec les acides n'a jamais été équivoque; il forme avec eux des sels ammoniacaux.

1214. Le gaz ammoniacque tue promptement les animaux: il est impropre à la combustion; cependant, avant qu'une bougie allumée s'éteigne dans ce gaz, la flamme est considérablement agrandie par la réunion d'une autre flamme de couleur jaunepâle; et à la fin cette flamme légère descend du haut du vaisseau jusqu'au fond. Si on présente seulement la bougie allumée à l'orifice de la cloche remplie de ce gaz, la flamme jaunâtre s'élève d'en-

viron 54 millimètres (2 pouces) plus haut que celle de la bougie.

Le pouvoir réfringent de l'ammoniaque est double de celui de l'air commun; et cela n'a rien d'étonnant, puisque l'hydrogène, substance éminemment combustible, entre comme élément dans la composition du gaz ammoniaque.

De la nature de l'ammoniaque.

1215. Scheele a le premier décomposé l'ammoniaque (1). M. Berthollet a ensuite mieux connu ses principes, et mieux déterminé leurs proportions. Il a prouvé que 1000 parties d'ammoniaque en poids contiennent environ 807 gaz nitrogène ou azote, et 193 hydrogène. Voyez le *Recueil de l'Académie*, année 1784, page 316.

1°. On décompose le gaz ammoniaque par l'électricité, en faisant traverser un tube plein de ce fluide et reposant sur le mercure, par la décharge électrique d'une bouteille de Leyde. Après deux ou trois cents décharges on trouve que le gaz a augmenté d'environ deux fois son volume, et qu'il a perdu la propriété d'être absorbé par l'eau. On le mêle avec une quantité d'oxigène, égale au tiers de son volume, et on fait passer à travers ce mélange, un courant d'étincelles électriques; il se fait une détonation, et sa quantité est considérablement diminuée. On note le total de la diminution par la combustion; on divise par 3, et on multiplie par 2,

(1) Voyez l'*Histoire de la Physique*, tome IV, liv. IV, ch. 2.

le résultat donne la quantité de gaz hydrogène produit par l'électricité dans le mélange des deux gaz, puisqu'une mesure de gaz oxygène suffit pour saturer deux mesures de gaz hydrogène.

2°. On décompose le gaz ammoniacque en le faisant passer par un tube de porcelaine rouge placé horizontalement dans un fourneau. Les produits sont des gaz hydrogène et azote ou nitrogène.

5°. La décomposition de l'ammoniacque s'effectue avec célérité, en galvanisant une solution aqueuse de cette substance alcaline. Il se produit une quantité considérable de gaz. Leur contact avec une solution de sulfure de potasse suffit pour faire disparaître une petite portion d'oxygène : le reste consiste en gaz hydrogène et nitrogène ou azote.

1216. Indépendamment de l'hydrogène et de l'azote ou nitrogène qu'on obtient en décomposant l'ammoniacque par l'électricité, M. Davy avoit d'abord soupçonné que cet alcali contient aussi une petite portion d'oxygène, et voici les motifs qui avoient fait naître ce soupçon.

1°. Les gaz qui se produisent lorsqu'on décompose l'ammoniacque par l'électricité, contiennent environ un onzième de moins en poids de l'ammoniacque employé ; c'est-à-dire, que cent parties d'ammoniacque donnent seulement 91 de gaz permanent.

2°. Si l'on électrise négativement dans le circuit voltaïque, du mercure mis en contact avec une solution d'ammoniacque, le métal se dilate par degrés, et forme un solide qui prend la consistance du beurre à 18 ou 20 degrés, mais qui devient dur et forme

une masse cristallisée à la température de la glace. Par cette combinaison, le mercure ne gagne qu'environ un deux-millième de son poids, et sa pesanteur spécifique diminue au point qu'il devient seulement trois fois plus pesant que l'eau. En exposant à l'air cet amalgame, il absorbe l'oxygène, l'ammoniaque se reproduit et le mercure recouvre sa forme métallique. Si l'on jette cet amalgame dans l'eau, l'ammoniaque se reforme, et en même temps il se dégage de l'hydrogène.

1217. M. Davy n'a cru pouvoir expliquer ces phénomènes et plusieurs autres que produit l'action du potassium sur l'ammoniaque, qu'en supposant cet alcali composé d'oxygène, et d'une substance métallique qu'il appelle *ammonium*; et comme on n'obtient que de l'hydrogène et de l'azote ou nitrogène dans l'analyse de l'ammoniaque par l'électricité, il a été porté à regarder l'hydrogène comme un métal, et le nitrogène comme un composé d'hydrogène et d'oxygène. Dans cette hypothèse, nous aurions un métal constamment à l'état aériforme; et l'eau seroit un oxide métallique.

De nouvelles expériences que M. Davy vient de faire pour déterminer la nature de l'hydrogène et du nitrogène, l'ont fait changer d'avis à ce sujet. Il est porté à regarder l'ammoniaque comme décomposé en hydrogène et nitrogène, et à considérer la perte de poids comme provenant de l'inexactitude inévitable dans des expériences aussi délicates. Il lui paroît démontré que le nitrogène n'est pas un métal sous forme de gaz. Peut-être, ajoute-t-il, découvrira-t-on

un jour que le nitrogène est un protoxide d'ammonium, l'ammoniaque un deutoxide, et l'hydrogène un tritoxide de cette substance métallique. C'est donc au temps et à l'expérience qu'il faut s'en rapporter pour nous éclairer sur la nature de ces diverses substances.

CHAPITRE II.

Des Terres.

PARAGRAPHE PREMIER.

Propriétés générales des terres ; leur nombre et leur nature.

1218. Les terres sont des substances qui, dans leur état de pureté, sont arides, insipides ou peu sapides, insolubles ou presque insolubles dans l'eau, peu ou point altérables au feu, et nullement par le charbon ou par les matières grasses.

1219. Lavoisier avoit soupçonné que les terres sont des oxides métalliques; mais il n'étoit point parvenu à réaliser ce soupçon, et les terres étoient encore classées parmi les corps simples, lorsque dans ces derniers temps, M. Davy a fait voir par des moyens semblables à ceux qui lui ont servi à décomposer les alcalis, que les terres ne sont autre chose que des substances métalliques combinées avec une quantité d'oxygène insuffisante pour leur donner l'acidité.

1220. Toutes les terres ne possèdent pas au même

degré les propriétés terreuses; plusieurs en jouissent dans un degré éminent; d'autres ont avec les alcalis quelques traits de ressemblance. Nous désignerons les premières sous le nom de *terres proprement dites*; et les secondes sous celui des *terres alcalines*.

1221. Les terres proprement dites sont la silice, l'alumine, la zircon, la glucine et l'yttria. On compte quatre terres alcalines, savoir, la baryte, la strontiane, la magnésie et la chaux.

§ II.

Des terres alcalines.

De la barite.

1222. La nature ne nous offre jamais la barite dans son état de pureté. Le plus souvent elle est combinée avec l'acide sulfurique, quelquefois avec l'acide carbonique. Le sulfate de barite existe en grandes masses dans la Basse-Normandie, dans l'Auvergne et dans les mines où elle sert souvent de gangue. Le carbonate de barite se trouve exclusivement en Écosse.

1223. Il est facile d'extraire la barite du carbonate de barite; il suffit de le calciner dans un creuset au milieu du charbon avec lequel on l'a mêlé, et qui favorise l'évasion de l'acide carbonique.

1224. Il n'est pas aussi aisé d'extraire la barite du sulfate de barite; et cependant la grande rareté du carbonate de barite nous force très-souvent de recourir à ce moyen: il importe donc de décrire le procédé le plus propre à effectuer cette extraction.

On met dans un creuset huit parties de barite en poudre fine sur une partie de charbon bien mélangées. On chauffe plusieurs heures au rouge; on dissout le sulfure de barite qui en résulte dans l'eau, on y verse de l'acide nitrique qui en précipite le soufre; On fait évaporer et cristalliser le nitrate de barite qu'on chauffe ensuite fortement dans une cornue. L'acide nitrique se décompose: on recueille du gaz oxygène avec du gaz azote, et la barite reste pure.

1225. 1°. Dans cet état de pureté, la barite est grise ou verdâtre; sa pesanteur spécifique est à celle de l'eau, comme 4 à 1.

1226. 2°. Elle a une saveur très-caustique, et qui est promptement vénéneuse quand elle agit sur l'estomac et les intestins.

1227. 3°. Elle s'éteint à l'air, et son extinction est beaucoup plus vive que celle de la chaux.

1228. 4°. Elle s'échauffe plus vivement que la chaux avec l'eau froide qui en dissout un vingtième de son poids. Cette dissolution verdit fortement le sirop de violettes, et en détruit bientôt la couleur.

1229. 5°. L'eau bouillante dissout la moitié de son poids de barite bien pure; cette dissolution cristallise en se refroidissant; elle fournit de longs prismes à quatre pans, qui perdent à l'air un peu de leur eau de cristallisation.

1230. 6°. Elle attire l'humidité de l'air, ainsi que l'acide carbonique; elle blanchit alors et augmente de poids.

1231. 7°. Elle verdit les couleurs bleues végétales; à l'exception de la teinture du tournesol.

1252. 8°. Elle s'unit au soufre, et forme par cette union du sulfure de barite.

1253. 9°. Elle se combine avec tous les acides, et ne s'unit à aucun des alcalis.

1254. 10°. Elle a pour l'acide sulfurique plus d'attraction que la potasse; le sel qu'elle forme avec lui se précipite sur-le-champ, et sert à faire reconnoître la présence de l'acide partout où il se trouve.

1255. La barite se compose d'oxygène et d'une base métallique appelée *barium* par M. Davy qui l'a obtenue en électrisant négativement la barite en contact avec le mercure. Il s'est formé un amalgame; et sa distillation dans des petits tubes de verre remplis de vapeur de naphte a déterminé la séparation du mercure. Le résidu de la distillation étoit un métal blanc d'argent qui est solide à la température ordinaire, mais qui devient fluide au-dessous du rouge.

La proportion du métal à l'oxygène n'a pas été déterminée, mais son analyse n'est pas équivoque, la base inflammable paroissant toujours au pôle négatif du circuit voltaïque, et l'oxygène au pôle positif.

De la Strontiane.

1256. Pendant long-temps on a confondu la strontiane avec la barite : aujourd'hui il est bien reconnu que ces deux substances ont des propriétés qui les distinguent. Comme la barite, la strontiane ne se trouve jamais dans son état de pureté. Toujours elle est combinée avec l'acide carbonique, ou le plus

souvent avec l'acide sulfurique, comme en Sicile, à Montmartre, etc.

On la ramène à son état de pureté, par des procédés semblables à ceux que nous avons indiqués pour la barite. On peut encore l'obtenir pure par l'ébullition avec le carbonate de potasse. Il en résulte un carbonate de strontiane; et il est aisé à l'aide d'une forte chaleur, de la débarrasser de l'acide carbonique.

1237. La strontiane qu'on obtient par ce dernier moyen est grise ou bleuâtre, suivant le degré d'activité du feu auquel a été soumis le carbonate de strontiane.

1238. Elle se comporte avec le soufre comme la barite, se dissout à chaud dans la même proportion que la barite. A froid, elle ne reste dissoute que pour un tiers; elle cristallise par le refroidissement. Quatre parties de strontiane et une de silice forment une combinaison soluble dans les acides.

1239. Elle paroît avoir pour les acides plus d'attraction que la potasse; cependant la potasse et la soude décomposent le sulfate de strontiane, mais non entièrement. Il arrive aussi qu'une dissolution de sulfate de potasse est précipitée par une dissolution de strontiane. Cette réciprocité d'effets prouve qu'il se forme, dans ces cas, une combinaison triple qui rétablit l'équilibre avant que la décomposition ne s'achève.

1240. La strontiane diffère de la barite en ce que, 1°. le nitrate de strontiane est précipité par la barite; et le nitrate de barite ne l'est pas par la strontiane,

2°. les sels de strontiane sont décomposés par la potasse et par la soude, et les sels de barite ne le sont pas; 3°. le muriate de strontiane donne à la flamme de l'alcool une belle couleur purpurine, tandis que le muriate de barite la colore en jaune verdâtre; 4°. le sulfate de strontiane est un peu soluble dans l'eau, et le sulfate de barite ne l'est pas du tout.

1241. M. Davy a décomposé la strontiane par des moyens semblables à ceux qu'il a fait servir à la décomposition de la barite. La strontiane se compose d'oxigène et d'une base métallique qui a reçu le nom de *strontium*.

De la Magnésie.

1242. La magnésie, la plus foible des terres alcalines, se trouve abondamment dans la nature, mais jamais dans son état de pureté; elle y est toujours combinée, soit avec d'autres terres dans les stéatites, les asbestes, les micas, les schistes, qu'on a nommés pour cela *terres magnésiennes*; soit avec les acides sulfurique, muriatique, carbonique, etc. dans les eaux de la mer, des fontaines salées, etc.

1243. Pour isoler la magnésie, on emploie les alcalis purs, la chaux, la barite, etc. qui la précipitent. On peut l'extraire ainsi de toutes les eaux salées où se trouvent plus ou moins abondamment des sels magnésiens. Pendant long-temps on a préféré de se procurer la magnésie en décomposant, par les réactifs indiqués, le sulfate de magnésie connu sous le nom de *sel d'epsom*, lieu d'une fon-

taines d'Angleterre qui le contient en abondance.

1244. La magnésie ramenée à son état de pureté, se présente souvent sous la forme de pains blancs, légers, friables, semblables à de l'amidon; quelquefois sous celle d'une poudre blanche, très-fine à l'œil et au tact. Sa pesanteur spécifique est à peu près à celle de l'eau, comme 233 à 100.

1245. Cette terre n'a pas une saveur bien sensible; elle est douce au palais, et y excite une sensation particulière, qui sert à la distinguer de toute autre substance; elle verdit légèrement les couleurs bleues les plus délicates, telles que celle de fleurs de mauve.

1246. La lumière qu'elle a la propriété de réfléchir, ne lui porte aucune atteinte. Exposée à un feu violent, elle ne se fond pas, suivant d'Arcet. Macquer avoit déjà reconnu son infusibilité et son inaltérabilité, au foyer d'une grande lentille. M. de Morveau l'a exposée pendant deux heures au feu le plus violent du fourneau de Macquer, sans qu'elle ait souffert la plus légère altération. Traitée au chalumeau, sur un charbon, elle reste inaltérable, et donne seulement à la flamme une légère couleur jaunâtre.

1247. La magnésie est très-peu dissoluble dans l'eau. Butini a trouvé que l'eau bouillie avec cette substance, et laissée plus de trois mois en contact avec elle, n'en avoit pris à peu près qu'un dix-millième. Kirwan prétend qu'il faut environ 7692 fois son poids d'eau, à 10 degrés, pour la dissoudre. D'où il résulte qu'elle n'est pas plus dissoluble dans l'eau que la silice et l'alumine. La magnésie forme

néanmoins une espèce de pâte avec l'eau, et l'absorbe d'une manière sensible.

1248. La magnésie s'unit avec facilité à tous les acides, et forme avec eux des composés salins et différens de ceux que donnent les autres terres, soit par leur cristallisation, leur saveur, leur dissolubilité, soit par les attractions de leurs principes.

1249. La base de la magnésie, qui a reçu de M. Davy le nom de *magnium*, n'est pas encore parfaitement connue. En distillant son amalgame, le métal paroît agir sur le verre, même avant que tout le mercure en ait été séparé. Dans une expérience où M. Davy ferma le tube avant que tout le mercure fût dégagé, un solide se montra avec l'éclat et la blancheur des autres métaux de terre. Il se précipita au fond de l'eau, environné de globules de gaz, et il produisit la magnésie. A l'air il se couvrit d'une croûte, et se réduisit en une poudre blanche qui n'étoit que de la magnésie.

De la Chaux.

1250. La chaux est la terre que la nature nous offre en plus grande abondance, soit dans l'intérieur du globe, soit comme élément des différens corps qui composent sa surface.

1251. Aux environs des volcans, elle se présente pure, mais enveloppée dans des pierres qui l'ont garantie du contact du fluide atmosphérique. On assure qu'elle existe dans cet état de pureté dans quelques eaux minérales qui la tiennent en dissolution; mais le plus souvent elle est étroitement unie

a différens acides, et c'est dans cet état de combinaison qu'elle forme les couches des montagnes.

1252. On l'obtient en grandes masses par la calcination à feu ouvert de ce qu'on appelle *pierres à chaux*. Celles-ci sont, en général, composées d'acide carbonique, d'eau et de chaux. Les deux premières substances reçoivent du calorique la fluidité aéroforme, s'envolent dans l'atmosphère, et la chaux reste pure. Dans les laboratoires, on choisit le carbonate de chaux pur et transparent; on le met en poudre dans de bonnes cornues de grès ou de fer, ou dans des canons de fusil qu'on expose à l'action d'un feu violent. On obtient ainsi de la chaux beaucoup plus pure que celle que l'on prépare en grand pour l'employer aux constructions.

1253. Extraite par ce procédé, la chaux est sous la forme de pierre d'un blanc gris; sa pesanteur spécifique est à celle de l'eau comme 23 à 10. Sa saveur est âcre et assez forte pour rougir et enflammer la peau, si elle y reste quelque temps appliquée. Elle verdit le sirop de violettes, et altère un peu sa couleur en jaune.

1254. La lumière n'exerce sur la chaux aucune action sensible; exposée à une forte chaleur, elle reste inaltérable et sans se fondre; elle se ramollit néanmoins au foyer du verre ardent. Dans un creuset d'argile, elle se fond sur ses bords à une très-haute température, mais c'est en s'unissant à la terre du vase qui la renferme. Au chalumeau, elle est parfaitement inaltérable et infusible, quelle que soit l'intensité et la durée de l'action de la chaleur.

1255. Si l'on expose à l'air la chaux sous forme de pierre, elle se gonfle, se fendille, s'échauffe légèrement et se réduit en poudre. On l'appelle alors *chaux éteinte à l'air*, parce qu'une fois passée à cet état, elle n'est plus ce qu'on nomme *chaux vive*, et ne s'échauffe plus avec l'eau.

Ces phénomènes sont dus à l'eau contenue dans l'atmosphère, et à la grande attraction que la chaux exerce sur ce liquide. Aussi sont-ils d'autant plus prompts et plus marqués que l'atmosphère est plus humide.

1256. Si l'on verse de l'eau en petite quantité sur un morceau de chaux solide, ou sur cette terre en poudre, bien caustique et non éteinte à l'air, elle l'absorbe promptement; mais elle paroît aussi sèche qu'avant cette absorption. Bientôt, si elle étoit solide, elle se brise, et il s'excite une chaleur assez forte pour produire un sifflement remarquable. Ces phénomènes n'ont lieu qu'autant qu'on emploie la quantité d'eau que la chaux peut absorber en se séchant promptement. Dans cette extraction à sec, la terre calcaire, extrêmement divisée et augmentée de volume, tombe en poussière blanche, fine et très-sèche; elle a augmenté de poids, elle a perdu son âcreté et sa causticité, elle ne s'échauffe plus avec de nouvelle eau. Ces effets ont pour cause la forte attraction de la chaux pour l'eau, la propriété qu'elle a d'en dégager beaucoup de calorique, et de lui donner ainsi une forme solide. La chaux, ainsi unie à de l'eau glacée, porte le nom de *chaux éteinte à sec*. Si l'on y ajoute de nouvelle eau, elle se dé-

laye sans s'échauffer; on forme le *lait de chaux*, et on donne à cette liqueur une transparence parfaite, en y ajoutant une assez grande quantité d'eau pour dissoudre complètement la substance terreuse.

1257. Cette dissolution, qui est toujours claire et limpide, est appelée *eau de chaux*; son poids est peu sensiblement supérieur à celui de l'eau commune. Elle a une saveur âcre, chaude et urincuse; Elle verdit fortement le sirop de violettes, et en altère la couleur.

1258. Exposée à l'air, l'eau de chaux en absorbe l'acide carbonique, et se couvre d'une pellicule sèche, qui n'est autre chose que du carbonate de chaux.

1259. La chaux isolée est parfaitement infusible; mêlée à la silice, elle se fond lorsqu'on les chauffe dans une proportion telle que la chaux égale au moins la quantité de silice. Elle fait entrer en fusion l'alumine à la dose d'un tiers de son poids. Le mélange de ces trois terres fond plus complètement que celui de la chaux avec l'une ou l'autre séparément. Ainsi une partie de chaux et une d'alumine peuvent faire fondre deux et même deux parties et demie de silice. De là il est facile d'expliquer, 1°. la fusibilité de plusieurs pierres scintillantes composées de ces trois terres; 2°. pourquoi la chaux fortement échauffée dans des creusets, se vitrifie sur les bords ou au contact des parois de ces vases.

1260. La chaux se combine plus ou moins étroitement avec tous les acides, et forme avec eux différens sels qu'on trouve souvent parmi les produits naturels et fossiles.

1261. Aucune substance n'est employée dans les arts plus fréquemment que la chaux. On en fait usage dans les verreries, dans les lessives, dans la fabrication du savon. On en recouvre les matières animales pour les garantir de la putréfaction. Elle sert à la teinture, à la tannerie, à l'agriculture, etc. Elle fait la base d'un grand nombre d'ouvrages de construction.

1262. La base de la chaux est une substance métallique. M. Davy lui a donné le nom de *calcium*. Dans une expérience où il voulut séparer par la distillation le mercure formant avec cette base un amalgame, le tube fut brisé avec explosion par la dilatation du mercure; et au moment où l'air entra, le métal qui avoit la couleur de l'argent, s'enflamma subitement et se convertit en chaux.

§ III.

Des terres proprement dites.

De la Silice.

1263. La silice est une des terres qui se rencontrent le plus souvent et le plus abondamment sur le globe; elle fait la base des pierres qui, à raison de leur dureté, paroissent composer son noyau: c'est pourquoi elle a été pendant long-temps regardée comme la terre primitive. Le cristal de roche, le quartz, les agates, les jaspes, etc. la contiennent en abondance, mais jamais dans son état de pureté.

1264. Pour l'avoir pure, on met dans un creuset exposé à l'action d'une forte chaleur, deux ou trois

parties de potasse sur une de silice; la potasse s'unit à la terre, l'entraîne dans sa fusion, forme avec elle un verre cassant, déliquescent et dissoluble dans l'eau. On verse sur la dissolution, de l'acide sulfurique qui s'empare de la potasse et en sépare la terre qui, bien lavée, est de la silice pure.

1265. Dans cet état de pureté, la silice se présente sous la forme d'une poussière blanche très-fine, sans saveur et sans odeur; ses dernières molécules ont au tact de la rudesse et de la dureté. Si on la frotte entre les doigts, elle raye et use l'épiderme, sans y adhérer. Lorsqu'on en goûte, elle laisse sur la langue l'empreinte de son extrême sécheresse.

1266. La lumière n'agit pas sur la silice, et le calorique ne peut l'altérer, quelque grande que soit l'intensité de son action : la silice lui offre à travers ses molécules, un passage si libre et si facile, qu'il s'échappe avec promptitude sans lui porter aucune atteinte.

1267. L'eau n'agit pas sur la silice en masse; mais si ses molécules sont réduites à un état d'extrême ténuité, comme cela arrive dans les fusions et les dissolutions qu'on lui fait éprouver, elle forme avec l'eau une gelée transparente : elle s'y dissout même entièrement, ou du moins elle y demeure long-temps suspendue. Il n'est pas douteux que la nature n'opère la dissolution de la silice; ces cristaux siliceux qui se reproduisent si souvent sur la surface ou dans l'intérieur du globe, attestent cette vérité.

1268. Il n'y a pas long-temps qu'on regardoit l'insolubilité dans les acides comme un des caractères les plus marqués de la silice. Cette erreur s'est

dissipée du moment que l'art d'analyser les pierres est devenu l'un des plus simples et des plus usités. Nous avons vu que l'acide fluorique dissout la silice, et lui communique son indivisibilité, sous la forme de fluide élastique. On a trouvé que plusieurs acides s'unissoient à cette terre par la fusion; que d'autres, et particulièrement l'acide muriatique qu'on employoit pour l'arracher à ses combinaisons avec les alcalis, la retenoient dans un état de suspension, de manière à ne pouvoir la séparer de l'acide qu'à la faveur de l'évaporation.

1269. La silice est employée fréquemment dans les arts, dans les usages même les plus ordinaires de la société. On remplit de cette terre le fond des fontaines ou des réservoirs d'eau, pour enlever à ce liquide les substances étrangères qui altèrent son homogénéité. On s'en sert dans l'état de sable pour nettoyer les vases métalliques. Sous la forme de petits cailloux ou de gravier, elle fait la base des mortiers et des cimens les plus durables; elle existe sous d'autres formes dans toutes les poteries de grès, de faïence, de porcelaine, et leur communique ses qualités réfractaires. Elle entre enfin comme élément dans la fabrication des fours, des creusets et particulièrement du verre, dont elle détermine les principales propriétés par sa nature et par ses proportions.

1270. M. Davy essaya de décomposer la silice et les autres terres proprement dites, en employant les procédés qui lui avoient servi à décomposer les terres alcalines; mais il éprouva de grandes difficultés qui le forcèrent de recourir à un moyen plus

efficace. Il fit un amalgame de potassium avec environ un tiers de mercure, qu'il mit en contact avec de la silice légèrement humectée. Il électrisa négativement sous le naphte avec une pile de cinq cents paires pendant une heure. Le tout fut jeté dans l'eau : l'alcali formé fut neutralisé par de l'acide acéteux. Maintenant si on a obtenu un métal de la silice, il doit nécessairement exister sous forme d'alliage avec le potassium ; les deux métaux doivent être oxidés par l'eau, le potassium doit reproduire la potasse, et l'autre métal la silice dont il est la base, et cette terre doit se dissoudre dans la potasse et être précipitée par l'addition de l'acide. Le résultat de cette expérience a porté M. Davy à conclure que la silice est un oxide métallique dont la base a reçu le nom de *silicium*.

De l'Alumine.

1271. L'alumine se présente très-souvent dans la nature, mais jamais dans son état de pureté. Pour l'avoir pure, on l'extrait du sulfate d'alumine ou alun, en décomposant ce sel par le moyen des substances alcalinès. On fait dissoudre dans l'eau du sulfate d'alumine ; on y mêle de la dissolution de potasse ou de soude : l'acide sulfurique abandonne l'alumine pour se combiner avec la potasse ou la soude, et l'alumine se précipite. On la lave avec une grande quantité d'eau pure, d'abord froide et ensuite bouillante ; on l'agite long-temps avec elle pour la bien dessaler ; on la fait sécher à l'air, et on a l'alumine pure dont on se sert dans les laboratoires. Il est très-difficile de lui enlever entièrement l'alcali.

1272. L'alumine ramenée ainsi à son état de pureté, est sous la forme d'une poussière blanche très-fine, sans saveur déterminée; onctueuse sous le doigt qui l'use en la frottant; elle s'applique étroitement à la langue et au palais; elle les dessèche, les resserre, en attire les liquides, et y produit un effet légèrement styptique.

1273. L'alumine a une odeur particulière, lorsqu'elle est humectée ou délayée dans l'eau; cette odeur se manifeste d'une manière très-sensible lorsqu'on exhale sur cette terre l'air humide et chaud des poumons.

1274. La silice est transparente et cristalline dans les corps qui en contiennent une grande quantité; l'alumine, au contraire, est opaque, et fait partager son opacité aux pierres dont elle forme la plus grande partie. Son agrégation seule ne peut jamais lui faire prendre une dureté aussi considérable que celle des pierres silicées. Elle n'étincelle pas par le choc du briquet, à quelques exceptions près.

1275. En raison de son opacité, l'alumine réfléchit la lumière qui cependant ne lui fait éprouver aucune altération.

1276. Le calorique agit vivement sur cette terre; lorsqu'on l'expose à une chaleur rapide et forte, comme à la flamme du chalumeau animée par le gaz oxygène. Alors, elle se pénètre de lumière, se ramollit et se fond sans prendre la forme de globe; refroidie, elle offre une fritte opaque, hérissée ou ramifiée, d'une couleur verte-sale, assez dure pour sillonner le verre. Les verres ardents ne produisent pas les mêmes effets sur l'alumine. Si l'on

expose à un feu violent de fourneau cette terre réduite en pâte, elle perd à peu près l'eau qu'elle contenoit, se resserre sur elle-même, se dessèche, se ramollit, éprouve une demi-vitrification; refroidie, on trouve qu'elle a acquis une dureté considérable. Elle a pris en quelque sorte les caractères de la silice, puisque dans cet état elle étincelle au briquet; sa nature n'a cependant souffert aucune atteinte. C'est cette propriété qu'à l'alumine de se durcir par l'influence d'une forte chaleur, qui la rend propre à la fabrication des poteries.

1277. L'alumine exerce sur l'eau une action qui mérite d'être remarquée. Si cette terre est sèche, elle s'empare promptement de l'eau liquide qui pénètre ses pores jusqu'à ce qu'ils soient en quelque sorte saturés. Alors une nouvelle quantité d'eau la ramollit, la rend pâteuse, ductile, en un mot, propre à être pétrie, moulée, et à être façonnée au gré de l'artiste; exposée à l'air dans cet état pâteux, une partie de l'eau qu'elle contient, lui est enlevée par le fluide atmosphérique; elle devient sèche et cassante. Lorsque le dégagement est trop subit, l'alumine se fendille, se gerce et se sépare en feuillets; exposée à un feu vif, elle perd jusqu'à 46 centièmes de son poids, ce qui prouve qu'elle contenoit près de la moitié de son poids d'eau; elle est cependant moins soluble dans l'eau que la silice; celle-ci forme avec l'eau une espèce de gelée, l'alumine y forme toujours un nuage qui en trouble la transparence. La nature ne nous offre jamais des cristaux transparens d'alumine. Des cristaux transparens de silice se rencontrent très-fréquemment sur le globe.

1278. L'alumine s'unit étroitement à la silice, soit à l'aide de l'eau, soit à la faveur du calorique. Si l'on emploie l'eau comme moyen d'union de la silice à l'alumine, il en résulte une espèce de mortier susceptible de se durcir et de devenir peu altérable à l'air. Si l'on emploie le calorique, l'alumine combinée à la silice se fond facilement, et forme un verre opaque.

1279. La propriété qu'a l'alumine de prendre un retrait proportionné à la chaleur qu'on lui applique, a fait imaginer à *Wedg-Wood* une espèce de thermomètre ou pyromètre, dont j'ai donné la description en traçant le tableau des propriétés du calorique.

Comme la base de la silice, celle de l'alumine appelée *aluminium* a résisté vigoureusement aux tentatives de M. Davy pour l'obtenir isolée. Les résultats obtenus portent néanmoins à croire que l'alumine est un oxide métallique.

De la Zircone.

1280. On n'a trouvé jusqu'ici la zircone que dans le jargon de Ceylan, appelé *zircon*, et dans les hyacinthes, soit orientales, soit d'Expailly en France.

1281. C'est ordinairement des hyacinthes qu'on la retire; mais comme les hyacinthes sont mêlées de rubis et de grenats, on fait d'abord rougir; les grenats noircissent, les rubis restent rouges, et on les sépare aisément des hyacinthes, qui ont perdu leur couleur. On fait de nouveau rougir celles-ci, et on les plonge dans l'eau froide; on les concasse, on les pèse, on les fait fondre dans un creuset d'argent avec cinq ou six fois leur poids de potasse

pure; on traite la masse fondue par l'eau qui dissout l'alcali, sans toucher à la zircone mélangée de silice, avec laquelle elle étoit étroitement unie avant la fusion; on verse dessus de l'acide muriatique étendu d'eau: tout se dissout, on fait chauffer; la silice se précipite à l'ordinaire, et sur la fin on agite avec un pilon, afin qu'il ne se décompose pas de muriate de zircone. On étend d'eau, on filtre, on lave la silice, et on précipite les eaux réunies par la potasse caustique; on lave bien le précipité, qui est de la zircone pure.

1282. On peut aussi obtenir la zircone en décomposant par le feu la dissolution muriatique de zircone, faite avec le jargon de Ceylan ou l'hyacinthe fondus par la potasse et lessivés.

1283. La zircone obtenue par ces procédés, et bien séparée du fer (ce qui est très-difficile), est sans saveur, sans odeur, et sous la forme d'une poussière fine, blanche, presque douce sous le doigt qui la frotte. Quand elle retient une certaine quantité d'eau entre ses molécules, elle est demi-transparente et d'une couleur blonde comme la corne.

1284. Sa pesanteur spécifique est à celle de l'eau dans le rapport de 43 à 10.

1285. La zircone est insoluble dans l'eau; elle contracte néanmoins avec ce liquide une espèce d'union, et forme alors, comme la silice, une gelée transparente.

1286. La lumière n'exerce aucune action sur la zircone; le calorique lui fait souffrir quelque altération dans certaines circonstances.

1287. Si on la chauffe au chalumeau, elle reste

infusible et répand une lumière phosphorique jaunâtre; si on la chauffe dans un creuset de charbon enveloppé de charbon en poudre, et placé dans un creuset de terre exposé à un feu violent, elle éprouve une fusion pâteuse et suffisante pour que ses molécules se rapprochent sans prendre de transparence ni une véritable forme vitreuse. Si on la fait rougir dans un creuset, elle perd sa blancheur, elle devient grise, dure, croquante sous la dent: elle se dissout moins facilement dans les acides.

1288. La zircone s'unit à tous les acides, et forme avec eux des composés salins.

1289. La zircone et la silice ont des propriétés communes; même dureté de molécules, même insipidité, même qualité inodore, même insolubilité dans l'eau, même tendance à la retenir lorsque leurs molécules sont d'une extrême ténuité. Ces deux terres ont néanmoins des propriétés qui ne permettent pas de les confondre. La zircone a plus de pesanteur spécifique que la silice; elle est plus soluble dans les acides, et entièrement insoluble dans les alcalis fixes; tandis que la silice, et surtout l'alumine, contractent avec ces substances une union très-intime.

La base de la zircone ou le *zirconium* n'est pas encore connue, quoique M. Davy ait tenté de l'isoler par des moyens semblables à ceux qu'il a employés pour la silice.

De la Glucine.

1290. C'est à M. Vauquelin que nous devons la découverte de la *glucine*, qui n'a été jusqu'ici trouvée

que dans le béril ou aigue-marine et l'émeraude, et qui doit son nom à un de ses caractères les plus marquans; savoir, la saveur sucrée qu'elle donne à ses combinaisons avec les acides.

1291. Pour avoir la glucine dans son état de pureté, on prend 100 parties de béril, qu'on préfère à l'émeraude, parce qu'il est moins cher; après les avoir réduites en poudre fine dans un mortier de silex, on les fond avec 300 parties de potasse caustique; on délaye la masse fondue dans l'eau distillée, et on dissout le tout dans l'acide muriatique: on fait évaporer la dissolution jusqu'à siccité, en prenant la précaution de remuer la matière sur la fin de l'évaporation; on délaye ensuite le résidu dans une grande quantité d'eau, et on filtre: ce premier moyen isole parfaitement la silice. On précipite la liqueur filtrée, qui contient les muriates d'alumine et de glucine, par le carbonate de potasse; on lave le précipité, et on le dissout dans l'acide sulfurique: on mêle du sulfate de potasse à la dissolution, et on fait évaporer pour obtenir l'alun cristallisé. Lorsque, par une nouvelle addition de sulfate de potasse et par une nouvelle évaporation, la liqueur ne donne plus de cristaux d'alun, on précipite par le carbonate d'ammoniaque en excès; ce qui restoit d'alumine est par là séparé de la glucine, qui demeure en dissolution; le fer tombe avec l'alumine; on évapore et on a la glucine pure, qui se précipite sous la forme d'une poussière blanche grenue.

1292. La glucine qu'on obtient par ce procédé est en poudre ou en fragmens blancs, légers, doux sous le doigt, insipides, collant et happant à la langue.

1293. Elle est infusible; elle ne prend au feu ni retrait, ni dureté, comme l'alumine; elle n'altère point les couleurs bleues végétales; sa pesanteur spécifique n'est pas encore connue.

1294. La glucine est insoluble dans l'eau; elle forme néanmoins avec ce liquide une pâte légèrement ductile, qui n'a pas le liant de celle de l'alumine, et qui n'est point, comme elle, susceptible de cuisson.

1295. Elle s'unit facilement à tous les acides, et forme avec la plupart d'entr'eux des sels solubles, sucrés, un peu astringens et difficilement cristallisables. Ce sont surtout les acides végétaux, tels que l'oxalique, le tartareux, l'acéteux, qui forment avec cette terre des sels d'une saveur sucrée pure.

1296. La glucine est soluble dans le carbonate d'ammoniaque et dans la potasse caustique: cette dernière propriété la rapproche de l'alumine; mais comme celle-ci est précipitée par la glucine de sa dissolution, il n'est pas possible de les confondre.

Elle a pour les acides une attraction qui paroît tenir le milieu entre celle de la magnésie qui l'en sépare, et celle de l'alumine qu'elle en précipite.

1297. On ne connoît pas encore la base de la glucine. Si on l'obtient elle portera le nom de *glucium*.

De l'Yttria.

1298. L'yttria a tiré son nom de celui d'*ytterbi*, donné à la pierre dont on l'extrait, d'après le lieu où elle prend naissance.

1299. La pierre connue sous le nom d'*ytterbi* a une couleur noire et une cassure vitreuse; sa pesan-

teur spécifique est de 4,097; elle fait mouvoir le barreau aimanté. Si on l'expose au chalumeau, elle se brise en éclats, et laisse une matière blanche qui ne se fond point. Chauffée avec le borax, elle se fond, et donne un bouton d'un jaune-violâtre. Au creuset, elle perd 0,08 de son poids, et acquiert une couleur rougeâtre, comme celle de l'ocre. Les acides puissans la réduisent en une espèce de gelée grisâtre : cette gelée évaporée à siccité et lavée, laisse la silice en poussière blanche; ce qui reste dissous contient le fer et l'yttria. L'acide nitrique laisse déposer et séparer par l'évaporation la silice et l'oxide de fer; la dissolution nitrique de la terre qui reste après le lavage de la matière évaporée, est mêlée d'un peu de chaux et de manganèse; l'ammoniaque en sépare la terre cherchée avec un peu de manganèse. En redissolvant ces deux substances par l'acide nitrique, on en sépare le manganèse par l'hydro-sulfure de potasse, qui laisse la terre; on obtient celle-ci en ajoutant de l'ammoniaque. C'est par ces procédés, ainsi que par la fusion avec la potasse, la dissolution dans l'eau, l'évaporation qui sépare le manganèse, et le traitement successif par l'acide, qu'on parvient à analyser l'ytterbi et à isoler l'yttria.

1300. Cette terre se présente sous la forme d'une poussière blanche; elle est insipide, inodore et infusible; elle forme avec le borax un verre blanc; elle n'est pas soluble dans les alcalis fixes caustiques, et c'est un des caractères qui la distinguent de l'alumine et de la glucine; elle est, comme la glucine, disso-

luble dans le carbonate d'ammoniaque, mais elle exige beaucoup plus de ce sel que cette dernière.

1301. L'acide sulfurique s'unit à l'yttria avec chaleur, et il se précipite subitement un sel en grains brillans et peu dissolubles dans l'eau. Ce sel est astringent et doux comme un sel de plomb.

L'yttria se combine avec l'acide nitrique, et il en résulte un sel doux, déliquescent, incristallisable; loin de se sécher au feu, il se fond ou se ramollit comme du miel; il devient cassant comme une pierre par le desséchement. L'acide sulfurique précipite des cristaux de sa dissolution.

1302. L'yttria s'unit à l'acide muriatique. Le sel auquel cette union donne naissance, a des propriétés analogues au nitrate d'yttria.

1303. L'ammoniaque précipite l'yttria de ses combinaisons avec ces trois acides; l'acide oxalique l'en sépare aussi en formant un précipité lourd et épais comme du muriate d'argent. C'est ce qui la distingue de la glucine, qui forme avec l'acide oxalique un sel très-soluble.

M. Davy ne s'est point encore occupé de décomposer l'yttria.

FIN DU SECOND VOLUME.

607226



TABLE DES CHAPITRES

et des principaux Articles contenus dans ce second volume.

LIVRE III.

SUITE DE LA QUATRIÈME PARTIE.

CHAP. VI.	Des phénomènes d'attraction ou de répulsion apparentes que présentent certains corps flottans sur la surface d'un fluide,	pag. 1
CHAP. VII.	Du phénomène de la cristallisation,	11
	Tableau abrégé de la théorie de la cristallisation,	13

LIVRE IV.

Du calorique.

CHAPITRE PREMIER.	De la nature du calorique, des propriétés qui le distinguent, et des lois qui le maîtrisent,	21
§ 1 ^{er} .	De la nature du calorique et de sa faculté dilatante,	<i>idem</i>
§ II.	De la faculté conductrice du calorique,	27
§ III.	De divers instrumens qui servent à mesurer les degrés de chaleur,	30
	Du thermomètre,	<i>idem</i>
	Du thermoscope,	36
	Du pyromètre,	40
§ IV.	De la capacité des corps pour admettre le calorique entre leurs molécules, et de la manière de la déterminer,	44

TABLE

§ v.	Du calorique rayonnant ,	pag. 52
§ vi.	Des rapports qui existent entre le calorique et le fluide lumineux ,	55
§ vii.	où l'on ramène à la théorie du calorique des phénomènes qui d'abord paroissent la contrarier ,	61
CHAP. II.	De l'influence du calorique sur la formation des corps solides liquides et aériformes ,	69

LIVRE V.

De la porosité , de la compressibilité et de l'élasticité.

CHAPITRE PREMIER.	De la porosité ,	82
CHAP. II.	De la compressibilité ,	87
CHAP. III.	De l'élasticité ,	89

LIVRE VI.

	De l'air atmosphérique ,	103
--	--------------------------	-----

PREMIÈRE PARTIE.

Des propriétés physiques de l'air atmosphérique.

CHAPITRE PREMIER.	De la pesanteur de l'air atmosphérique ,	104
	Du baromètre ,	109
	De la mesure des hauteurs par le baromètre ,	113
	Des pompes ,	118
	Des siphons ,	125
CHAP. II.	De l'élasticité de l'air ,	126
CHAP. III.	Du son ,	144
	Des cordes vibrantes ,	159

LIVRE VI.

SECONDE PARTIE.

	Des propriétés chimiques de l'air atmosphérique ,	162
--	---	-----

DES CHAPITRES.

CHAPITRE PREMIER. De la nature de l'air atmosphérique,	pag. <u>163</u>
CHAP. II. Du gaz oxygène,	<u>172</u>
CHAP. III. Du gaz nitrogène ou azote,	<u>183</u>
Du gaz nitrogène phosphoré,	<u>188</u>
Du gaz nitrogène sulfuré,	<u>189</u>

LIVRE VII.

De l'eau,	<u>190</u>
-----------	------------

PREMIÈRE PARTIE.

De l'eau considérée dans ses différens états d'agrégation.

CHAPITRE PREMIER. De l'eau à l'état solide ou de la glace,	<u>191</u>
CHAP. II. De l'eau à l'état de liquide,	<u>197</u>
De l'hygromètre,	<u>205</u>
De l'évaporation,	<u>209</u>
CHAP. III. De l'eau à l'état de vapeur,	<u>217</u>

LIVRE VII.

SECONDE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER. De la nature de l'eau,	<u>224</u>
Décomposition de l'eau,	<u>225</u>
Recomposition de l'eau,	<u>234</u>
CHAP. II. § 1 ^{er} . Du gaz hydrogène, ou gaz inflammable pur,	<u>242</u>
§ II. Du gaz hydrogène phosphoré,	<u>253</u>
§ III. Du gaz hydrogène sulfuré	<u>261</u>
§ IV. Du gaz hydrogène carburé,	<u>264</u>
§ V. Du gaz hydrogène oxi-carburé,	<u>266</u>
§ VI. Du gaz oléfiant,	<u>268</u>

TABLE LIVRE VIII.

Des acides.

CHAPITRE PREMIER. Des acides en général ,	pag. 270
CHAP. II. De l'acide carbonique ,	273
CHAP. III. De l'acide sulfurique ,	291
CHAP. IV. Du gaz acide sulfureux ,	296
CHAP. V. De l'acide nitrique , de l'acide nitreux , du gaz nitreux et du gaz oxide nitreux ,	299
CHAP. VI. Du gaz acide muriatique ,	315
CHAP. VII. Du gaz muriatique oxigène ou oxi-muriatique ,	317
CHAP. VIII. Du gaz muriatique sur-oxigéné ,	323
CHAP. IX. Du gaz acide fluorique ,	324

LIVRE IX.

Des phénomènes de la combustion , de la respiration , de la chaleur animale , de la végétation et de la fermentation.

CHAPITRE PREMIER. De la combustion ,	328
CHAP. II. De la respiration ,	337
CHAP. III. De la chaleur animale ,	342
CHAP. IV. De la végétation ,	348
CHAP. V. De la fermentation ,	357

LIVRE X.

Des alcalis et des terres.

CHAPITRE PREMIER. Des alcalis ,	362
§ 1 ^{er} . De la nature et des propriétés générales des alcalis ,	<i>idem</i>
§ II. De la potasse ,	363
§ III. De la soude ,	370
§ IV. De l'ammoniaque ,	371
De la nature de l'ammoniaque ,	374
CHAP. II. Des terres ,	377
§ 1 ^{er} . Propriétés générales des terres , leur nombre et leur nature ,	<i>idem</i>

DES CHAPITRES.

	405
§ II. Des terres alcalines,	<u>pag. 378</u>
De la barite,	<u>idem</u>
De la strontiane,	<u>380</u>
De la magnésie,	<u>382</u>
De la chaux,	<u>384</u>
§ III. Des terres proprement dites,	<u>388</u>
De la silice,	<u>idem</u>
De l'alumine,	<u>391</u>
De la zircone,	<u>394</u>
De la glucine,	<u>396</u>
De l'yttria,	<u>398</u>

FIN DE LA TABLE.



FAUTES A CORRIGER.

Pag. 270, au lieu de *Livre VII*, lisez Livre VIII.

Pag. 317, lig. 14, au lieu de *assez d'hydrogène*, lisez assez d'oxygène.

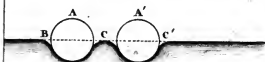
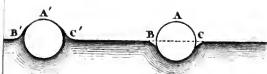
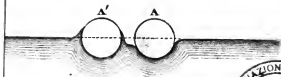
Fig. 85.*Fig. 88.**Fig. 90.*



Fig. 93.

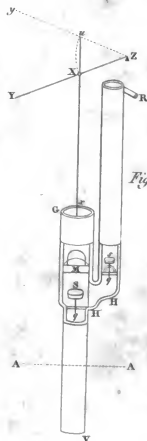
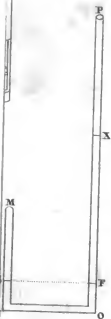


Fig. 94.

Fig. 97.





Fig. 101.

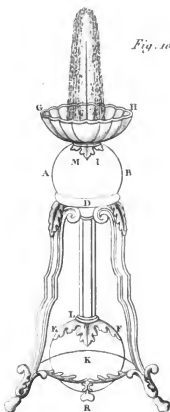
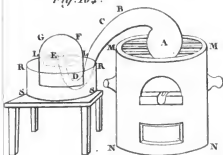


Fig. 102.





6.

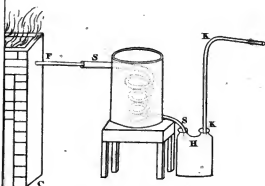


Fig. 109.







